

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології
у промисловому виробництві**

МАТЕРІАЛИ

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,
АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ
ФАКУЛЬТЕТУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
(Суми, 14–17 квітня 2015 року)**

ЧАСТИНА 1

Конференція присвячена Дню науки в Україні

Суми
Сумський державний університет
2015

УДК 001.891 (063)
С91

Редакційна колегія:

відповідальний редактор – кандидат технічних наук, доцент
О. Г. Гусак;

заступник відповідального редактора – кандидат технічних наук,
доцент В. Г. Євтухов

Члени редакційної колегії:

кандидат хімічних наук, доцент С. Б. Большаніна; кандидат
технічних наук, доцент С. М. Ванєєв; доктор технічних наук,
професор В. О. Залога; кандидат технічних наук, професор
І. Б. Карінцев; кандидат технічних наук, професор
І. О. Ковальов; кандидат технічних наук, доцент
А. В. Загорулько; доктор технічних наук, професор
К. О. Дядюра; доктор технічних наук, професор Л. Д. Пляцук;
доктор технічних наук, професор В. І. Склабінський

Сучасні технології у промисловому виробництві:
матеріали науково-технічної конференції викладачів,
співробітників, аспірантів і студентів факультету техніч-
них систем та енергоефективних технологій (м. Суми,
14–17 квітня 2015 р.) : у двох частинах / редкол.:
О. Г. Гусак, В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський
державний університет, 2015. – Ч. 1. – 188 с.

УДК 001.891 (063)

До збірника ввійшли тези та матеріали доповідей, у яких наведені
результати наукових досліджень студентів, аспірантів та викладачів
факультету технічних систем та енергоефективних технологій СумДУ.
Збірник може бути корисним для викладачів, аспірантів і студентів ВНЗ, а
також інженерів галузей загального та хімічного машинобудування.

© Сумський державний університет, 2015

Шановні пані та панове!

Деканат та кафедри факультету технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошують Вас узяти участь у роботі науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів.

Конференція відбуватиметься з 14 по 17 квітня 2015 року.

Час та місце роботи секцій, які Вас цікавлять, наведені в програмі.

Адреса університету: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Телефон для довідок 33-10-24.

Відкриття конференції

14 квітня 2015 р.

Початок о 12⁵⁰, ауд. А 215.

Програма і завдання конференції. Розповсюдження тез доповідей по секціях.

Голова оргкомітету доц. Гусак О. Г.

Робота по секціях

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»

Голова – доц. Д. В. Криворучко.

Секретар – асистент А. С. Юнак

17 квітня 2015 р.

Початок о 13²⁵, ауд. ЛА-215.

1. Приспособление для закрепления тонкостенных деталей.

Докл.: Довгополов А. Ю., инженер.

Рук.: Некрасов С. С., доцент.

2. Агрегатные фрезерные головки с регулируемой шириной обработки.

Докл.: Гончаренко И. Ю., студент гр. ТМм-41.

Рук.: Кушниров П. В., доцент.

3. Вибір методу обробки точних отворів із переривчастими поверхнями.

Доп.: Рибалка П. В., аспірант,

Діденко Є. В., магістрант ВІм-41.

Кер.: Залога В. О., професор.

4. Підвищення вібростійкості процесу фрезерування деталей із волокнистих полімерних композиційних матеріалів.

Доп.: Шапошніков Д. О., аспірант.

5. Синтез раціональної послідовності складання редуктора.

Доп.: Марченко В. Ю., студент.

Кер.: Чибіряк Я. І., доцент,

Ващенко С. М., ст. викладач.

6. Моделирование технологического процесса обкатывания шариком наружных цилиндрических поверхностей деталей машин.

Докл.: Коваль В. В., магистрант гр. ТМмз-42с.

Рук.: Евтухов А. В., доцент.

7. К вопросу определения эффективной стойкости шлифовального круга.

Докл.: Наталуха И. В., магистрант, гр. ТМм-42.

Рук.: Евтухов А. В., Савчук В. И., доценты.

8. Дослідження якості поверхні отворів при свердлінні пакетів вуглепластик/титановий сплав.

Доп.: Адамян М. А., магістрант гр. ТМм-42,

Колесник В. А., асистент.

Кер.: Євтухов В. Г., доцент.

9. Розрахунок та порівняння верстатних пристроїв за ступенем гнучкості.

Доп.: Дегтярьов І. М., аспірант,

Богдан В. Р., магістрант гр. ТМм-41.

Кер.: Іванов В. О., доцент.

10. Механізм зношення різальних інструментів на основі cVN при точінні чавуну марки ИЧ210Х30ГЗ.

Доп.: Юнак А. С., асистент.

Кер.: Дядюра К. О., професор.

11. Влияние направления армирования на качественные показатели зубчатых колес при формовке заготовок из композиционных материалов.

Докл.: Родин И. С., магистрант гр. ТМм-41,

Осадчий И. О., аспирант.

Рук.: Евтухов А. В., доцент.

12. Повышение производительности полирования шаровых поверхностей пробок в статически уплотнённой абразивной среде.

Докл.: Дробязко М. Н., студент гр. ТМмз-42с.

Рук.: Савчук В. И., доцент.

13. Забезпечення розмірної стійкості інструмента при обробці великогабаритних деталей оболонкового типу з твердосплавним покриттям поверхонь підвищеної точності.

Доп.: Петров С. О. магістрант.

Кер.: Кіяновський М. В., професор;

Цивінда Н. І., доцент, ДВНЗ КНУ, м. Кривий Ріг.

СЕКЦІЯ «ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»

Голова – проф. В. О. Залога.
Секретар – доц. М. М. Коротун

14 квітня 2015 р.

Початок о 13²⁵, ауд. ЛА-215.

1. Удосконалення конструкції кривошипного гарячештампувального преса з клиновим приводом.

Доп.: Тур А. М., магістрант ТМм-41, Богатенко Н. В.,
студентка гр. ТМ-11, Дмитренко В. С.,
студент гр. ТМ-11.

Кер.: Запорожченко В. С., доцент.

2. Технологічне забезпечення глибокого свердління.

Доп.: Скрипченко М. О., магістрант гр. ТМЗм-42.

Кер.: Швець С. В., доцент.

3. Свердління квадратних отворів.

Доп.: Єрмоленко А. Е., магістрант гр. ВІм-41.

Кер.: Швець С.В., доцент.

4. Методика дослідження температурних деформацій вузлів верстата.

Доп.: Гончаренко О. В., магістрант гр. ВІм-41.

Кер.: Коротун М. М., доцент.

5. Використання flash-програм для розробки тренажерів із металообробного обладнання.

Доп.: Самара Н. В., студентка гр. ВІ-11.

Кер.: Коротун М. М., доцент.

6. Система автоматизованого проектування тп «вертикаль».

Доп.: Цюпка О. А., студент гр. ТМ-11.

Кер.: Швець С. В., доцент.

7. Дослідження коливань шпинделя токарного верстату моделі 1700ВФ30 залежно від частоти його обертання.

Доп.: Серпенінов В. В., магістрант гр. ВІм-41,

Шаповал Ю. В., аспірант.

Кер.: Криворучко Д. В., доцент.

8. Дослідження процесу мікрорізання методом скінчених елементів.

Доп.: Тарасенко О. О., студентка гр. СТМ-1.

Кер.: Голобородько Л. В., асистент.

9. Практичне використання апаратно – програмного комплексу для діагностування стану різальних інструментів.

Доп. : Тур А. М., магістрант гр. ВІм-41,

Нагорний В. В., інженер.

Кер.: Залога В. О., професор.

10. Область применения метода обработки внутренней резьбы мерным инструментом.

Докл.: Нешта А. А., аспірант.

Рук.: Криворучко Д. В., доцент.

СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Голова – проф. В. О. Залога.

Секретар – докторант О. В. Івченко

15 квітня 2015 р.

Початок о 15⁰⁰, ауд. ЛА-213.

1. Критерій інертності прийняття рішень щодо результатів процесів життєвого циклу продукції виробничо-технічного призначення.

Доп.: Безпалій М. Г., аспірант.

Кер.: Дядюра К.О., професор.

2. Особливості виробничої діяльності відповідно до нової редакції стандарту ISO 9001.

Доп.: Єстаф'єва Є. О., аспірант.

Кер.: Дядюра К. О., професор.

3. Управління відповідністю за стандартами ISO/DIS 19600:2014 та ISO 55000:2014.

Доп.: Жук П. І., аспірант.

Кер.: Дядюра К. О., професор.

4. Класифікація тестових завдань для студентів інженерних спеціальностей.

Доп.: Коновалова Н.О., аспірант.

5. Національна система технічного регулювання та її адаптація до загальноєвропейської.

Доп.: Кривошея С. О., аспірант.

Кер.: Дядюра К. О., професор.

6. Оцінювання якості професорсько-викладацького складу ВНЗ у дистанційній освіті.
Доп.: Лозова К. А., аспірант.
7. Експертне оцінювання якості освітніх послуг під час дистанційного навчання.
Доп.: Мазний Б. В., магістрант СТМ-41.
8. Аналіз використання поняття «електронний підручник» для студентів інженерних спеціальностей.
Доп.: Нагорна Т. Ю., аспірант.
9. Подходы технического регулирования к подтверждению соответствия продукции.
Докл.: Савченко Е. С., аспірант,
Заика И. Ю., студент СТсз-42С.
10. Аналіз проекту стандарту ISO 9001:2015 та шляхи реалізації нових вимог цього стандарту.
Доп.: Сущенко Н. В., аспірант,
Князева А. М., магістрант СТМ-41.
11. Методи оцінювання ризику загальної безпеки продукції.
Доп.: Тарасенко О. О., магістрант СТМ-41.
Кер.: Івченко О. В., доцент.
12. Методологія застосування нейроподібних структур для управління якістю.
Доп.: Федоришин О. В., студент СТМ-41.
Кер.: Денисенко Ю. О., асистент.
13. Нормалізація показників якості на машинобудівному підприємстві.
Доп.: Федченко С. В., магістрант СТМ-41.
Кер.: Денисенко Ю. О., асистент.
14. Особенности использования международных стандартов ISO 31000 и ISO 27005 в сфере управления рисками.
Докл.: Янченко В. Н., аспірант,
Опрыско О. Б., магістрант СТМ-41.
Руков.: Івченко А. В., доцент.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Голова – в.о. зав. каф. К. О. Дядюра.
Секретар – доц. О. П. Гапонова

15 квітня 2015 р.

Початок о 9⁵⁰, ауд. Ц-218.

1. Використання прогресивних технологій отримання і термічної обробки для покращення властивостей низьколегованої сталі 20ГЛ.

Доп.: Івашенко Є. С., магістрант гр. МТмз-42с.
Кер.: Говорун Т. П., доцент.

2. Зміцнення бойка радіально-кувальної машини.

Доп.: Третяк С. А., магістрант гр. МТм-41.
Кер.: Любич О. Й., доцент.

3. Перспективи застосування порошкових антифрикційних матеріалів у вузлах тертя.

Доп.: Демченко М. В., студент гр. І-33.
Кер.: Гапонова О. П., доцент.

4. Вплив умов формування на властивості композитів на основі ПТФЕ.

Доп.: Вишегородцева М. Є., студент МТ-21.
Кер.: Будник А. Ф., доцент.

5. Композитні матеріали триботехнічного призначення на основі ПТФЕ, отримані методом механічної активації.

Доп.: Берладір Х. В., аспірант,
Чугай К. О., магістрант гр. МТм-41.
Кер.: Будник А. Ф., доцент.

6. Вивчення та аналіз регульованих процесів азотування.

Доп.: Остапенко Ю. В., студент гр. МТс-42.
Кер.: Руденко Л. Ф., ст. викладач.

7. Вплив титаноалітування на властивості нікеля.

Доп.: Голубовська Г. А., магістрант гр. МТм-41.
Кер.: Харченко Н. А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми,
Хижняк В. Г., професор, Дацюк О. Е., пров.
фахівець, НТУУ «КПІ», м. Київ.

8. Прогресивна технологія термоциклічної обробки як один із методів підвищення властивостей матеріалу ножів для подрібнення сировини на біоенергетичний комплекс.

Доп.: Колонтаєва Є. С., магістрант гр. МТм-41.

Кер.: Говорун Т. П., доцент.

9. Износостойкие покрытия для упрочнения режущей поверхности цилиндрической фрезы.

Докл.: Сметанин Р. С., студент гр. МТ-11,

Коротич А. С., Мартынов А. И., студенты гр. МТ-21.

Рук.: Говорун Т. П., доцент.

10. Перспективи використання корозійностійких високоміцних сталей аустенітно-мартенситного класу.

Доп.: Супрун О. В., магістрант гр. МТм-41.

Кер.: Дядюра К. О., професор.

11. Вивчення впливу термічної обробки на структуру та властивості корозійностійкої сталі аустенітно-мартенситного класу типу ВНЛ-6.

Доп.: Супрун О. В., магістрант гр. МТм-41.

Кер.: Гапонова О. П., доцент.

12. Режим виготовлення деталі складної форми з порошкового мідно-титанового матеріалу.

Доп.: Шостак М. М., магістрант гр. МТм-41.

Кер.: Гапонова О. П., доцент.

13. Азот як легувальний елемент для отримання метастабільних фаз у високолегованих сплавах.

Доп.: Левковець К. О., магістрант гр. МТм-41.

Кер.: Марченко С. В., доцент.

14. Дослідження впливу абразивного корозійно-активного середовища на матеріали проточної частини насосних агрегатів.

Доп.: Кабашний П. В., магістрант гр. МТм-41.

Кер.: Марченко С. В., доцент.

15. Аналіз впливу зміцнювальної обробки сталі аустенітного класу для виготовлення вала відцентрового насоса, що перекачує радіоактивну рідину.

Доп.: Філенко А. С., студентка гр. МТс-42.

Кер.: Гапонова О. П., доцент.

16. Хіміко-термічна обробка циліндричної фрези.

Доп.: Мут А. В., студент гр. МТс-42.

Кер.: Руденко П. В., асистент.

17. Влияние электроискрового легирования на свойства поверхностного слоя детали шток кислородного компрессора.

Докл.: Устименко М. С., студент гр. МТ-11.

Рук.: Руденко П. В., ассистент.

18. Хіміко-термоциклічна обробка на прикладі борування.

Доп.: Охріменко В. О., студент гр. МТ-31.

Кер.: Гапонова О. П., доцент.

19. Технологічні особливості отримання заготовки колеса підпінного.

Доп.: Івах М. А., Молодець Н. О., студенти гр. МТс-42.

Кер.: Дегула А. І., ст. викладач.

20. Дослідження зруйнованого колінчастого вала.

Доп.: Воскобойник М. В., студентка гр. МТ-11.

Кер.: Раб В. М., ст. викладач.

21. Отримання і дослідження властивостей порошкового біметалічного матеріалу.

Доп.: Білошицький М. В., доцент, СНУ ім. В. Даля,
м. Сєверодонецьк.

22. Вплив силових полів на процеси структурування епоксиполімерів.

Доп.: Самчик Н. М., студент.

Кер.: Кашицький В. П., доцент, Луцький НТУ, м. Луцьк.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

Голова – доц. С. Б. Большаніна.

Секретар – ст. лаб. О. Г. Дерев'янку

15 квітня 2015 р.

Початок о 14⁰⁰, ауд. Ц-308.

1. Вплив температури на швидкість процесу адсорбції з водних розчинів на твердих сорбентах.

Доп.: Чубур В. С., Умнік І. В., студенти гр. ЕК – 41.

Кер.: Большаніна С. Б., доцент.

2. Активация глинистых сорбентов у технологіях адсорбційного очищення стоків.

Доп.: Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії.

3. Температурний фактор сорбційної активності глинистих мінералів.
Доп.: Коцура Н. М., Хаба А. П., Пархоменко О. С.,
студенти гр. ЕК – 31.
Кер.: Марченко Л. І., доцент.
4. Исследование сорбционной способности яблочного пектина по отношению к ионам цинка.
Докл.: Ревенко А. О., Сидельник К. О., студенты гр. ЕК – 21.
Рук.: Воробьева И. Г., доцент.
5. Изучение кинетики гидролиза сахарозы. Экспериментальное определение энергии и энтропии активации.
Докл.: Мосьпан А. Б., студент гр. ЕК – 41.
Рук.: Лебедев С. Ю., доцент.
6. Пальмова та пальмовоядрова олії.
Доп.: Палій Т. А., Сидоренко Є. О., студенти гр. СМ – 404.
Кер.: Ліцман Ю. В., доцент, СумДУ, м. Суми.
7. Окислительно-восстановительный потенциал жидких сред.
Докл.: Форкерт И. А., Чернецкий И. В., студенты гр. ЛС – 402.
Рук.: Манжос А. П., доцент.
8. Усовершенствование метода синтеза 7-амино-3-трет-бутилпиразоло [5,1-с][1,2,4]триазин-4(6H)-она.
Докл.: Подольникова А. Ю., аспирант, Гасанов Р. К.,
Новоточинов Д. А., студенты гр. ФХ – 41, ЮЗГУ,
г. Курск, Россия
Рук.: Миронович Л. М., профессор, ЮЗГУ, г. Курск,
Россия.
9. Роль металлов в живых организмах.
Докл.: Аларкон Кастилло Магалли, слушатель ПО ДМО – М 2.
Рук.: Дыченко Т. В., ст. преподаватель.

СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»

Голова – проф. В. А. Марцинковський.

Секретар – асп. В. В. Пилипенко

15 квітня 2015 р.

Початок об 11²⁵, ауд. Н-112.

1. Розрахунок сальникового ущільнення з корпусом, що деформується.
Доп.: Назаренко О. О., студент гр. КМс-42.
Кер.: Марцинковський В. А., професор.

2. Розрахунок торцевого сальникового ущільнення з урахуванням шорсткості сальникової набивки.
Доп.: Святашова А. В., студентка гр. КМ-11.
Кер.: Гудков С. М., зав. лабораторією.
3. Радиальные силы и расходы в многощелевых уплотнениях.
Докл.: Позовный А. А., студент гр. КМ-11.
Рук.: Марцинковский В. А., профессор.
4. Експериментальні дослідження запірних торцевих імпульсних ущільнень.
Доп.: Лісовенко Д. В., аспірант.
Кер.: Загорулько А. В., доцент.
5. Влияние угловой деформации диска гидростатического уплотнения на его характеристики.
Докл.: Балаба М. А., студент гр. КМ-11.
Рук.: Калиниченко П. М., доцент.
6. Анализ совместных радиально-угловых и осевых колебаний ротора центробежного насоса.
Докл.: Жулев А. А., аспирант.
Рук.: Марцинковский В. А., профессор.
7. Исследование влияния сегментных подшипников на динамику роторов турбокомпрессоров.
Докл.: Василевский В. О., студент гр. КМм-41.
Рук.: Симоновский В. И., профессор.
8. Компьютерное исследование динамики ротора центробежного насоса при анизотропности квазиупругих сил в уплотнениях.
Докл.: Санин А. И., гр. КМ-11.
Рук.: Симоновский В. И., профессор.
9. Оцінювання ймовірнісної безвідмовної роботи відцентрового насоса з урахуванням випадкової зміни параметрів системи «Ротор-шпаринні ущільнення».
Доп.: Савченко А. Є., аспірантка.
Кер.: Тарасевич Ю. Я., доцент.
10. Дослідження стійкості елементів деталей машин раціональних складених перерізів.
Доп.: Холодков Р. Т., Шевчук М. М., студенти.
Кер.: Кондель В. М., доцент, ПНПУ імені В. Г. Короленка, м. Полтава.

11. Розв'язання задачі гідроаеропружності для процесу взаємодії газодисперсного потоку з динамічними відбійними елементами.

Доп.: Дем'яненко М. М., студентка гр. КМ-11.

Кер.: Павленко І. В., асистент, Ляпощенко О. О., доцент.

12. Моделирование деформируемых щелевых уплотнений с использованием программного комплекса ANSYS.

Докл.: Жулева І. А., аспірант.

Рук.: Марцинковский В. А., профессор.

13. Комп'ютерний аналіз ротородинамічних характеристик лабіринтних і демпферних ущільнень.

Доп.: Масалітін І. О., студент, гр. КМ-11.

Кер.: Загорулько А. В., доцент.

14. Комп'ютерне моделювання механізму змащення упорного колодкового підшипника ковзання.

Доп.: Боярський Д. П., аспірант,

Кайота Д. О., студент гр. КМ-11.

Кер.: Загорулько А. В., доцент.

15. Числовий аналіз двофазних торцевих та шпарових ущільнень.

Доп.: Бобін С. В. студент гр. КМс-42.

Кер.: Загорулько А. В., доцент.

16. Застосування сучасних комп'ютерних засобів числової реалізації параметричної і топологічної оптимізації конструкцій.

Доп.: Курилов Б. М., студент гр. КМ-11.

Кер.: Павленко І. В., асистент.

17. Комп'ютерне прогнозування розвитку тріщин у металевих конструкціях.

Доп.: Мельник О. В., студент гр. КМ-11.

Кер.: Нагорний В. М., доцент.

18. Комп'ютерна діагностика роторних машин.

Доп.: Пархоменко Я. В., студент гр. КМс-42.

Кер.: Нагорний В. М., доцент.

19. Комп'ютерна діагностика роторних машин у ймовірнісній постановці.

Доп.: Зименко Р. В., студентка гр. КМс-42.

Кер.: Нагорний В. М., доцент.

20. Дослідження у програмному комплексі ANSYS причин руйнування робочих коліс відцентрового компресора з урахуванням нестационарності потоку.

Доп.: Гребенюк М. О., студентка, гр. КМ-11.
Кер.: Савченко Е. М., доцент.

21. Комп'ютерне моделювання та дослідження напружено-деформованого стану робочих коліс відцентрового компресора.

Доп.: Кириленко В. В., студент, гр. КМ-11.
Кер.: Савченко Е. М., доцент.

22. Применение программного комплекса LABVIEW для сбора, обработки и анализа измерительной информации.

Докл.: Благодырь Ф. И., гр. КМс-42.
Рук.: Савченко Е. Н., доцент.

23. Термопружній напружений стан багатощарового циліндра з дефектами структури.

Доп.: Почкун Є. М., студент гр. КМ-11,
Міхалько А. Ю., студент гр. КМс-42.
Кер.: Дейнека А. В., асистент.

24. Дослідження газодинамічних процесів маловитратної турбіни струминно-реактивного типу.

Доп.: Лошиць Л. Р., студентка гр. КМ-11.
Кер.: Бережний О. С., асистент.

25. Експериментальна установка для досліджень ротородинамічних характеристик лабіринтних і демпферних ущільнень.

Доп.: Пилипенко В. В., аспірант.
Кер.: Загорулько А. В., доцент.

26. Дослідження впливу параметрів веретена та намотувального механізму крутильного модулю машини КОЭ – 315 ІКМ на їхні динамічні характеристики.

Доп.: Буленок Г. О., магістр, Власенко О. В., студент.
Кер.: Акимов О. О., доцент, ЧНДТУ, м. Чернігів.

27. Розрахунок нової конструкції зварновальцьованих канатних блоків методом кінцевих елементів.

Доп.: Сафронов Д. С., студент.
Кер.: Василенко В. М., ст. викладач,
НМетАУ, м. Дніпропетровськ.

28. Визначення критичних швидкостей модельного ротора в пружних опорах за допомогою комп'ютерної системи інженерного аналізу.

Доп.: Марусенко О. М., студент.

Кер.: Мартиненко Г. Ю., доцент, НТУ «ХПІ», м. Харків.

29. Комп'ютерне моделювання та чисельний аналіз ортопедичного пристрою для фіксації переломів кісток передпліччя.

Доп.: Стаканов А. Д., студент.

Кер.: Лимаренко О. М., доцент, заст. директора інституту медичної інженерії, ОНПУ, м. Одеса.

30. Сопоставление усилий в элементах фермы аналитическим и графическим способами.

Докл.: Бражник Б. А., учащийся, школа № 6.

Рук.: Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ.

31. Варианты представления в блоковой форме основных понятий, свойств, видов, аналитических выражений, графиков функций.

Докл.: Демянчук Е. В., учащийся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье.

Рук.: Жулев А. А., аспирант, СумГУ, г. Сумы.

32. Анализ величин и направления опорных реакций в трехшарнирной статически определимой арки.

Докл.: Лисовенко А. В., учащаяся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье.

Рук.: Лисовенко Д. В., аспирант, СумГУ, г. Сумы.

33. Определение ВСФ в жестком закреплении пространственного ломанного бруса.

Докл.: Ляшенко Д. С., учащийся, школа № 6.

Рук.: Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ.

34. Вариант представления основных понятий кинематики в блоковой форме.

Докл.: Налимова П. Н., учащаяся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье.

Рук.: Скорик А. В., научный сотрудник СМНПО им. М. В. Фрунзе, г. Сумы.

35. Представление законов динамики для материальной точки и тела в блоковой форме.

Докл.: Стремочков Д. В., учащийся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье.

Рук.: Скорик А. В., научный сотрудник СМНПО им. М. В. Фрунзе, г. Сумы.

36. Определение опорных реакций в статически определимых балках и криволинейных стержнях.

Докл.: Филатов Вл. Д., учащийся, школа № 6.
Рук.: Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ.

37. Розрахунок утеплення зовнішньої стіни панельної багатоповерхової будівлі.

Доп.: Корж П. П., Поздняков Р. С., Коломойцев М. А.,
учні школи № 17.
Кер.: Скорик А. В., науковий співробітник, СМНПО
ім. М. В. Фрунзе.

СЕКЦІЯ «ОПР МАТЕРІАЛІВ ТА МАШИНОЗНАВСТВО»

Голова – проф. І. Б. Карінцев.
Секретар – ст. викл. Д. О. Жигилій

17 квітня 2015 р.

Початок о 13²⁵, ауд. М-112.

1. Расчет камеры высокого давления по предельной нагрузке.

Докл.: Каринцев И. Б., профессор,
Каринцева А. И., зав. лабораторией.

2. Максимальний прогиб шарнирно опертої балки от произвольно расположенной загрузки.

Докл.: Тартагашев М. Д., студент гр. КМ-31.
Рук.: Каринцева А. И., зав. лабораторией.

3. Уточненное условие прочности при внецентренном растяжении бруса из крутого материала.

Докл.: Вербовой А. Е., студент гр. КМ-21.
Рук.: Каринцев И. Б., профессор.

4. Конструкційна міцність димової труби з композиційного матеріалу під дією вітрових навантажень.

Доп.: Таран А. І., студент гр. КМм-41,
Жигилій Д. О., ст. викладач.
Кер.: Верещака С. М., професор.

5. Визначення напруженого стану багатошарового криволінійного бруса на основі дискретно структурної теорії.

Доп.: Шулумей А. В., студент гр. ХК-11.
Кер.: Верещака С. М., професор.

6. Термопружний напружений стан багатозарової труби.
Доп.: Михалько А. Ю., студент гр. КМс-42,
Дейнека А. В., асистент.
Кер.: Верещака С. М., професор.
7. Разъемные подшипники качения.
Докл.: Дрофа К. А., студ. гр. ТМ-22.
Рук.: Стрелец В. В., доцент.
8. Четырехступенчатые зубчатые редукторы.
Докл.: Бублик А. В., студент гр. ТМ-21.
Рук.: Стрелец В. В., доцент.
9. Электромеханические трансмиссии транспортных машин.
Докл.: Кремнев А. В., Старинский А. Е., студенты гр. ХМ-21.
Рук.: Стрелец В. В., доцент.
10. Міцність та несуча здатність складених кільцевих стержнів при згинанні.
Доп.: Марченко Т. Ю., Репецький В. С., студенти гр. ЕМ-31.
Кер.: Зайцев І. Г., доцент.
11. Повышение прочности зубчатой передачи малого размера.
Докл.: Чуркин С. Н., студент гр. ТМ-22.
Рук.: Некрасов С. С., доцент.
12. Механическое устройство для повышения давления жидкости.
Докл.: Курдес Ю. Ю., студент гр. И-33.
Рук.: Некрасов С. С., доцент.
13. Міцність та несуча здатність складених кільцевих стержнів при крученні.
Доп.: Кундиус Т. О., студент гр. ЕМ-31.
Кер.: Жигилій Д. О., ст. викладач.
14. Міцність стола для сипучих речовин.
Доп.: Коваленко І. С., студент гр. ЕМ-31.
Кер.: Жигилій Д. О., ст. викладач.

15. Рациональне використання комбінованих перерізів із стандартних прокатних профілів.

Доп.: Слепова А. С., студент гр. ЕМ-31.

Кер.: Жигилій Д. О., ст. викладач.

16. Статично невизначені системи, утворені сукупністю тросів.

Доп.: Іванова А. Ю., студентка гр. ЕМ-31.

Кер.: Жигилій Д. О., ст. викладач.

17. Методика построения эпюр ВСФ в пространственном ломаном брусе.

Докл.: Слинько Д. Ю., студент гр. КМ-41.

Рук.: Смирнов В. А., директор центра НТТУМ.

18. Рассмотрение задач прочности и жёсткости при деформации поперечного изгиба с учётом теории облучения.

Докл.: Беловол В. О., студент гр. КМ-41.

Рук.: Смирнов В. А., директор центра НТТУМ.

19. Исследование деформации гибкой связи при различных положениях груза.

Докл.: Сапожников Я. И., студент гр. КМ-41.

Рук.: Смирнов В. А., директор центра НТТУМ.

20. Нахождение главных моментов инерции для несимметричных плоских сечений.

Докл.: Литвиненко В. Н., ученик, ЦДЮТ, г. Белополье.

Рук.: Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ, г. Сумы.

21. Влияние ампутации конечностей на артериальное давление.

Докл.: Васильченко Д. Р., студент гр. И-42.

Рук.: Ратушный А. В., ведущий специалист, СумГУ,

Пазынюк Б. О., зав. хирургическим отд.,

Стовбыр А. А., хирург, СГКБ № 5.

22. Сопоставление несущей способности сварных швов теоретическим и экспериментальным путём.

Докл.: Гологанов И. В., ученик Сумского химико-технического лицея.

Рук.: Дегтерёв И. В., аспирант СумГУ.

23. Выбор неблагоприятного нагружения статически определимой плоской рамы.

Докл.: Тесленко А. Н., ученик, ЦДЮТ, г. Белополье.

Рук.: Лисовенко Д. В., аспирант, СумГУ, г. Сумы.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Довгополов А. Ю., инженер; Некрасов С. С., доцент

В современном машиностроении используется большое количество тонкостенных деталей. В то же время, повышаются требования к точности деталей, в связи с новыми потребностями машиностроительной отрасли в точных, но не дорогих деталях. Получение точных недеформированных деталей является очень сложной и трудоемкой задачей. Поэтому поиск путей и методов зажима тонкостенных деталей – задача актуальная и имеет большое народнохозяйственное значение.

Основной проблемой в данной области является то, что несмотря на большое количество известных приспособлений для зажима, нет универсального который бы позволял зажимать тонкостенные детали различных размеров и конфигураций.

Такое положение дел во многих случаях является недопустимым в связи с тем, что для изготовления конкретной детали необходимо дополнительное специальное приспособление, это занимает много времени и больших дополнительных затрат.

Существующие устройства включают 3х-кулачковый патрон, насадные кулачки и зажимные винты. Принцип работы таких приспособлений заключается в перемещении одной из опор по винтовой поверхности к неподвижной опоре при этом тонкостенную деталь помещают между этими опорами, затем нижнюю опору поджимают винтом, а верхняя зажимается автоматически, благодаря чему создается равномерное распределение нагрузки.

Однако данный способ обладает существенным недостатком: зажимать каждую опору нужно по отдельности, что занимает очень много времени. Также недостатками данного способа являются сложность конструкции и невозможность зажима деталей различных размеров и конфигураций.

Авторами предложено решение задачи путем установки в корпусе двух пар кулачков которые приводятся в действие от одного подвижного звена, при этом передача движения к кулачкам происходит через дифференциальный механизм. Заготовка находится между кулачками, происходит ее зажим, как только возникает контакт одних зажимных кулачков (внешних или внутренних) с поверхностью заготовки, они останавливаются, начинают движение следующие до полного зажима заготовки, благодаря распределению движения через дифференциальный механизм создается равномерное распределение нагрузки, что дает возможность, получать точные тонкостенные детали вращения. При этом отсутствует деформирование детали, которое обычно вызывается при закреплении обычным трехкулачковым или шестикулачковым патроном.

АГРЕГАТНЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ ГОЛОВКИ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ШИРИНОЙ ОБРАБОТКИ

Гончаренко И. Ю., студент; Кушніров П. В., доцент

Специальные агрегатные фрезерные головки (АФГ) с пересекающимися траекториями режущих ножей применяют для обработки крупногабаритных поверхностей, поскольку при этом получается непрерывная по ширине обработанная плоскость при относительном перемещении заготовки и стола станка в направлении продольной подачи [1].

Известные конструкции АФГ, например, с двумя торцовыми фрезами, имеют только определенную фиксированную ширину обработки B , которая равна сумме диаметров фрез за вычетом небольшой величины пересечения траекторий режущих ножей [2]. Это позволяет вести непрерывную обработку открытых плоских поверхностей ширина которых не больше B . Возможна также обработка закрытых плоскостей (с уступами-стенками по бокам), причем расстояние между уступами должна быть не меньше B , иначе фрезы не смогут поместиться в узкое по ширине пространство.

АФГ, содержащие взаимно перпендикулярно расположенные три или четыре торцовые фрезы дают возможность фрезеровать плоскости заготовок в двух перпендикулярных направлениях как при продольном взаимном перемещении АФГ и заготовки, так и при поперечном. Однако и здесь ширина B в обоих направлениях составляет неизменную величину.

Поэтому актуальным является разработка и исследование такой АФГ, у которой бы появилась возможность осуществлять регулирование рабочей ширины фрезерования. Это может быть реализовано в конструкции АФГ, где шпиндельный блок, содержащий две (или больше) торцовые фрезы с пересекающимися траекториями режущих ножей, может поворачиваться на угол в диапазоне $0-360^\circ$, изменяя при этом возможную ширину обработки от номинальной (равной примерно сумме диаметров фрез, $B \approx 2D$) до минимальной (равной одному диаметру фрезы, $B = D$). Указанный настроечный поворот и его фиксацию осуществляют до начала обработки.

Таким образом, возможность регулирования ширины фрезерования B расширяет технологические возможности АФГ по обработке разных по ширине плоскостей заготовок, причем, как открытых, так и закрытых.

Список литературы

1. Пат. 29842 U Україна, МПК6 В23С 3/00. Агрегатна фрезерна головка / П. В. Кушніров, О. О. Сергієнко; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – №u200711636; заявл. 22. 10. 2007; опубл. 25. 01. 2008, бюл. №2.
2. Kushnirov, P. V. Milling heads with intersecting cutter trajectories / P. V. Kushnirov, Yu. Ya. Tarasevich, A. A. Neshta // Russian Engineering Research.– September 2013, Volume 33, Issue 9, pp 528–531.

ВИБІР МЕТОДУ ОБРОБКИ ТОЧНИХ ОТВОРІВ ІЗ ПЕРЕРИВЧАСТИМИ ПОВЕРХНЯМИ

*Залога В. О., професор; Рибалка П. В., аспірант;
Діденко Є. В., магістрант*

Обробка внутрішніх циліндричних поверхонь розгалужена у відповідності до інструменту. Для забезпечення точності та шорсткості отворів використовують наступні методи та види обробки: розгортання, розточування, протягування, шліфування, притирка та хонінгування.

Сучасні інженерні задачі пов'язані з підвищенням продуктивності, точності та економічності цих процесів. При їх вирішенні доцільно враховувати серійність виробу та його номенклатурність. Наприклад, протягування дозволяє отримати високу точність (якість) та шорсткість, проте проектування інструменту для такої операції є дорогим, а в умовах малої серійності, економічно недоцільним. Поширення автоматизованого виробництва, обслуговування, управління і неперервність процесів багатомножинного дрібносерійного виробництва вимагає пошуку нових технологічних рішень класичних задач машинобудування.

Слід звернути увагу, що номінальний розмір отвору має безпосередній вплив на метод обробки. Так, відомі конструкції алмазних розверток, але для отворів діаметром більше 35 мм інформації про їх застосування немає.

Забезпечення жорстких світових вимог до вібраційних характеристик машин та апаратів, конкуренція як всередині країни, так і закордоном – виклики до вітчизняних виробників.

Для робочих коліс багатоступінчастих насосів велике значення відіграють перетоки рідини через щільні зазори, що призводять до втрати напору та зниження КПД машини. Найчастіше вирішення – застосування ущільнення, що вимагає додаткових витрат та конструктивних змін. Альтернативою є глухий шпонковий паз (або шліці). Переривчасті поверхні та подібні нетехнологічні елементи ускладнюють обробку. Процес утворення спучень і задирок у місцях сполучення поверхні отвору з боковими поверхнями пазів потребує сучасних підходів до вирішення технологічних задач по забезпеченню необхідної якості (точності) таких отворів від чого суттєво залежить контактна жорсткість поверхонь з'єднання, яка визначається фактичною площею контакту поверхонь, що забезпечується їх мікрорельєфом. Експериментально встановлено, що у цьому випадку доцільно застосовувати доводочні операції: хонінгування та притирання з використанням комбінованого інструменту – хонопритиру. Пошук оптимальних умов оброблення цим інструментом можна забезпечити вирішенням контактної задачі (отвір з переривчастою поверхнею – вал) шляхом математичного моделювання із подальшим дослідженням працездатності робочих коліс багатоступінчастих насосів.

ПІДВИЩЕННЯ ВІБРОСТІЙКОСТІ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ВОЛОКНИСТИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Шапошніков Д. О., аспірант

Сучасний розвиток техніки не можливий без застосування матеріалів з високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Важливе місце серед цих матеріалів посідають волокнисті полімерні композиційні матеріали (ВПКМ), які мають висока питома механічна міцність та жорсткість, хімічну, електричну і радіаційна стійкість. Такі їх властивості, обумовили широке розповсюдження ВПКМ в багатьох галузях промисловості, на сам перед в ракетно космічній техніці, в авіа, -судно, -і автомобілебудуванні, також їх застосовують як елементи різних конструкцій і виробів в галузях народного господарства, у сфері матеріального виробництва. ВПКМ дають можливість забезпечення мінімальної маси конструкцій, надійності і довговічності при роботі в тяжких умовах навантаження, у тому числі при високих температурах і в агресивному навколишньому середовищі. Однак більш широке впровадження виробів із ВПКМ частково стримується саме через проблеми забезпечення високої ефективності їх лезової механічної обробки .

Стрімкий розвиток композиційних матеріалів, у тому числі полімерних, вимагає розроблення нових технологій їх оброблення. Фрезерування є одним з найпоширеніших процесів механічної обробки. Динаміка процесу фрезерування ускладнюється в результаті дії випадкових факторів, таких як: биття зубів фрези, змінна жорсткість технологічної системи, неоднорідність оброблюваного матеріалу і т.п. Відомо що при фрезеруванні деталей з співвідношенням $h/l \geq 7 \dots 12$, мають місце вібрації. Що зумовлює зниження якості поверхні та ресурсу інструменту. Відомі методи зменшення вібрацій зазвичай не можуть бути застосованими через специфічні властивості полімерних матеріалів, а механізми їх виникнення не відповідають відомим теоріям для металевих матеріалів через анізотропію властивостей та менший модуль пружності ВПКМ.

У зв'язку з цим вирішення задачі підвищення вібростійкості процесу фрезерування ВПКМ, яка безпосередньо впливає на досягнення відповідної точності і шорсткості обробленої поверхні, підвищення стійкості ріжучого інструмента і продуктивності обробки при мінімальній ціні виготовлення деталі, є дуже важливим.

Тому проведення експериментальних и модельних досліджень, розроблення теорії коливань при різанні ВПКМ, на основі результатів аналізу фізичних явищ і закономірностей процесу фрезерування, та методів боротьби з ними, за рахунок теоретичного установлення і експериментального підтвердження сприятливих умов обробки, є актуальною задачею.

Робота виконана під керівництвом доцента Криворучка Д. В.

СИНТЕЗ РАЦІОНАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ СКЛАДАННЯ РЕДУКТОРА

Чибіряк Я. І., доцент; Ващенко С. М., ст. викладач; Марченко В. Ю., студент

Технічний прогрес у машинобудуванні пов'язаний не тільки з заміною застарілого обладнання з низьким рівнем механізації на більш прогресивне автоматизоване, але і з пошуком раціональних конструкцій виробів і раціональним плануванням виробничого процесу на стадії його підготовки. Особливої уваги потребує автоматизоване складальне виробництво. Аналіз показав відставання в розвитку складальних процесів від заготівельних та механообробних.

В роботі проведено огляд існуючих методів раціоналізації складальних процесів, виявлено їх недоліки і переваги. На основі даного аналізу розроблено метод синтезу раціональної послідовності складання, в якому, на відміну від існуючих, враховано розмірний аналіз, можливість одночасної установки кількох базованих деталей на базову, можливість паралельного складання, екологічні обмеження. Застосування розробленого методу на практиці дозволяє отримати раціональну по тривалості виробничого циклу послідовність складання.

При розробці послідовності складання редуктора було використано такі вихідні дані: схема технологічних обмежень, схема взаємозв'язку номеру операційного комплексу з номерами виконуваних з'єднань, схема базування, схема доступу. Для рішення задачі на ЕОМ дані схеми було представлено у вигляді матриць. На першому етапі в конструкції виробу виділяються базові складальні одиниці V_i , які визначають положення інших деталей у редукторі. Для виділених базових деталей V_i визначається набір базованих d_i^{li} , в результаті отримуємо набір множин $G_{V_i} \{d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^{ki}\}$. Серед отриманих множин визначаються незалежні, тобто ті, що не мають спільних деталей. Незалежні множин $G_{V_i}^n \{d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^{ki}\}$ представляють набір складальних одиниць, збирання яких може здійснюватися в будь-якій послідовності. Якщо відома структура виробничої системи, розглядається можливість паралельного складання виділених складальних одиниць, що призводить до скорочення виробничого циклу. Для цього використовують матрицю взаємозв'язку операційних комплексів. В іншому випадку проводиться їх ранжування з метою визначення порядку збирання. В основі ранжування покладено технологічні правила побудови раціональної послідовності складання: кількість установів в кожній складальній одиниці, точність з'єднань, кількість розмірних зв'язків, маса та габаритні розміри деталей, з'єднання, що є екологічно несприятливими. Порівняння існуючого варіанту складання редуктора з розробленим, дозволило виявити скорочення виробничого циклу на 5 умовних одиниць часу. За результатами роботи розроблено програму мовою Сі++, що реалізує метод в діалоговому режимі.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБКАТЫВАНИЯ ШАРИКОМ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Коваль В.В., магистрант; Евтухов А.В., доцент

С помощью широко применяемых методов окончательной обработки (шлифование, хонингование, доводка) обеспечиваются требуемая размерная точность, форма, шероховатость поверхности, но часто не обеспечивается оптимальное качество поверхностного слоя, которое можно достичь поверхностным пластическим деформированием (ППД). В результате ППД упрочняется поверхностный слой, повышается износостойкость, стойкость к коррозионным воздействиям и т.д. Во многих случаях применением ППД удастся повысить запасы прочности деталей, работающих при переменных нагрузках, в 1,5...3 раза и увеличить срок службы деталей в десятки раз, что делает совершенствование технологии ППД актуальной задачей, решение которой имеет значительную практическую ценность.

Исследование изменений свойств поверхностно упрочненного материала заготовки сопряжено с рядом технических трудностей и требует наличия дорогостоящего лабораторного оборудования. В связи с этим, для исследования эффективности технологического процесса обкатывания шариком наружных цилиндрических поверхностей деталей машин, предлагается использовать метод конечно-элементного моделирования и широко распространенный пакет математического анализа *ANSYS Workbench*.

Так, для реализации модельного эксперимента в пакете *ANSYS Workbench* были разработаны конечно-элементные модели обрабатываемой заготовки из пластичного материала (незакаленная сталь 40, предел текучести $\sigma_m = 400$ МПа, коэффициент (модуль) упрочнения $\varepsilon_r = 3000$ МПа, длина грани конечно-элементной сетки – 5 мкм) и инструмента в виде абсолютно жесткого сферического тела.

На обрабатываемой поверхности был нанесён регулярный микрорельеф с треугольной формой выступов (впадин) и высотой микронеровностей: эксперимент *A* – 50 мкм, эксперимент *B* – 25 мкм.

Установлены два режима контактного взаимодействия между заготовкой и инструментом:

- а) между поверхностью сферы (инструмента) и гранями микрорельефа на поверхности заготовки;
- б) между соседними боковыми гранями микрорельефа на поверхности заготовки.

Для моделирования взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью сферическому телу (инструменту) сообщается усилие F , направленное нормально к поверхности заготовки.

Перемещение сферы по ходу ТП ППД было описано 2-х этапной линейной зависимостью: 1-й этап – поступательное перемещение по нормали

в направлении обрабатываемой поверхности на глубину 0,07 мм, 2-й этап – поступательное перемещение по нормали от поверхности заготовки в исходную точку (имитация однопроходного режима обработки ППД).

В результате расчета модели получены следующие результаты.

Анализ результирующих полей нормального напряжения (*Normal Stress*) показал, что в образце *A* наблюдается максимальный уровень растягивающих напряжений в размере 1960 МПа и максимальный уровень сжимающих напряжений в размере 1230 МПа, в образце *B*: максимальный уровень растягивающих напряжений – 400 МПа и максимальный уровень сжимающих напряжений – 500 МПа.

Для образца *A* в верхней части выступа микронеровности наблюдается критический уровень растягивающих напряжений (проба – 1817 МПа), который превышает предел прочности обрабатываемого материала (400 МПа): прогнозируется разрушение поверхностного слоя заготовки.

Для образца *B* проба в верхней части выступа микронеровности показала допустимый уровень напряжения – 380 МПа, который несколько ниже допустимого (400 МПа): в случае двухпроходного обкатывания поверхности также прогнозируется разрушение поверхностного слоя.

Анализ результатов расчета изменения эквивалентной пластической деформации (*Equivalent Plastic Strain*) показал, что для образца *A* скорость деформирования поверхностного слоя выше, чем для образца *B*. Максимальные остаточные деформации наблюдаются непосредственно в материале выступов микронеровности. Под основанием выступов наблюдается зона с нулевой остаточной деформацией (упруго деформируемый слой).

Результаты расчета коэффициента упрочнения в поверхностном слое заготовки показали, что максимальная степень упрочнения для образца *A* наблюдается у основания выступа (на глубине примерно 50 мкм) и составляет 55% (1,5 раза). Глубже степень упрочнения стремится нулю. Максимальная степень упрочнения для образца *B* наблюдается непосредственно на поверхности выступа (на глубине 0 мкм) и составляет 10% (1,1 раза). На глубине поверхностного слоя (0,25...0,5) мм наблюдается степень упрочнения в размере (5...6)%.

Так, в ходе модельного эксперимента установлено:

а) в поверхностном слое заготовки с повышенным уровнем исходных микронеровностей наблюдается повышенный уровень растягивающих напряжений, который может превышать предел прочности обрабатываемого материала, что в свою очередь ведет к разрушению поверхности (шелушению);

б) в поверхностном слое с повышенным уровнем исходных микронеровностей наблюдается повышенный уровень степени упрочнения материала.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СТОЙКОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

*Наталуха И. В., магистрант;
Евтухов А. В., доцент; Савчук В. И., доцент*

Одним из основных эксплуатационных свойств, характеризующих качество шлифовального круга (ШК), является его стойкость. Под действием сил резания и высоких температур, возникающих в процессе обработки, ШК изнашивается, теряет первоначальную геометрическую форму и режущие свойства. Эти явления отражаются на качестве шлифованных деталей и интенсивности съема припуска на обработку. Периодическая правка круга, необходимая для восстановления его режущих свойств и правильной геометрической формы, уменьшает производительность процесса, что делает задачу определения эффективной стойкости ШК весьма актуальной.

Главными показателями, ограничивающими длительность работы круга без правки, являются качество обработанной поверхности и скорость съема металла, как выходные параметры процесса обработки. Поэтому для определения периода стойкости круга целесообразно измерять указанные параметры и по изменениям их величин отслеживать «нормальный» ход процесса шлифования. При этом следует отметить, что зачастую измерение параметров качества поверхности непосредственно во время ее обработки сопряжено с техническими трудностями. Другой путь к определению эффективной стойкости круга заключается в измерении износа круга, силы и температуры шлифования, что имеет смысл при наличии адекватных зависимостей, связывающих измеряемые параметры с параметрами качества обрабатываемой поверхности и скоростью съема металла.

С целью определения эффективной стойкости ШК «ПП 300×40×127 24A40НСМ1К6 35 м/с» при обработке цилиндрических поверхностей круглым врезным шлифованием была разработана методика проведения натурного экспериментального исследования, которая предполагала обработку незакаленных образцов из стали 40 в течении фиксированного времени после правки круга с последующей комплексной оценкой параметров качества шлифованных поверхностей по шероховатости, отклонению от круглости, неоднородности поверхности по микротвердости и изменения скорости съема металла. В ходе экспериментального исследования, в частности, установлен диапазон времени $\tau = (80 \dots 160)$ с, определяющий эффективную стойкость ШК ($d_3 = 40$ мм, $B = 30$ мм, $n_3 = 160$ об/мин, $V_s = 10$ мкм/с). Значительная ширина диапазона времени τ определяется тем, что эффективная стойкость круга определялась по комплексу параметров, экстремальные значения которых имеют различные координаты по времени работы ШК после его правки. Среднее значение $\tau = 120$ с является незначительным, что можно объяснить интенсивным засаливанием круга при шлифовании незакаленной стали.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ОТВОРІВ ПРИ СВЕРДЛІННІ ПАКЕТІВ ВУГЛЕПЛАСТИК/ТИТАНОВИЙ СПЛАВ

Адамян М. А., магістрант; Колесник В. А., асистент

Характерними видами пошкоджень поверхні отворів в вуглепластику є: розшарування, термічна деструкція, розпушування волокон. Найважливішим показником якості отворів є їх розмірна точність, яка забезпечує необхідну посадку і працездатність з'єднання та шорсткість поверхні. Забезпечення необхідної якості отворів в двох шарах пакету є актуальною технологічною задачею.

Призначення раціональних технологічних параметрів на операції свердління дозволить забезпечити необхідну якість отворів в пакетах вуглепластик/титановий сплав. Визначення раціональних режимів можливо реалізувати у рамках натурних експериментальних досліджень.

Експерименти проводилися на фрезерному верстаті FADAL 2216-FX за методикою повно факторного експерименту типу 2². Було виконано вимірювання осьової сили та температури різання. Осьова сила різання вимірювалася динамометром УДМ 100 з діапазоном вимірювання від 0 до 1000 Н, та похибкою вимірювання до 1% з подальшим оцифруванням даних засобами аналого-цифрового перетворювача (АЦП) для передачі їх на комп'ютер. Температура різання на свердлі, що обертається виконувалась комплексом який складається з термопари К-типу, нормуючого температурного перетворювача і АЦП. Це дозволило вимірювати температуру в діапазоні від 0 ° до 1000 °С з точністю до 2%. Відправка і прийом даних здійснювалися за допомогою бездротової технології передачі даних (Bluetooth) та АЦП.

Якість отворів в пакеті вуглепластик/ титановий сплав оцінювалася за критеріями шорсткості, точності розмірів та форми, що було виконано на профілографі Mitutoyo SurfTest SJ 400 CNC, та координатно-вимірювальній машині RAPID THOME, відповідно

Однчасна обробка вуглепластику та титанового сплаву провокує більш стрімке підвищення температури в зоні різання. Так, при свердлінні вуглепластику швидкість зростання температури складала 3,2 °С/с, в той час як при роботі свердла одночасно в перехідному шарі вуглепластик/ титановий сплав – 9,8 °С/с. Зростання температура в зоні різання зумовлене збільшенням фаски зношування при вершині свердла, що пов'язано зі зміною механізму стружкоутворення внаслідок змінання шарів волокон. Наслідком зростання осьової сили, що провокує збільшення розшарування є зношення поперечної різальної кромки, відхилення від круглості і глибина дефектів обробленої поверхні. Найбільш істотно на розшарування вуглепластику впливає зношування вершин свердла.

Робота виконана під керівництвом доцента Євтухова В. Г.

РОЗРАХУНОК ТА ПОРІВНЯННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ ЗА СТУПЕНЕМ ГНУЧКОСТІ

Дегтярьов І. М., аспірант; Богдан В. Р., магістрант; Іванов В. О., доцент

У наш час у машинобудуванні все частіше зустрічається поняття гнучкості. Багато вітчизняних та іноземних вчених, починаючи з 30-х років минулого століття формулювали поняття гнучкості по-різному, залежно від умов та можливостей, що диктувалися технічним прогресом у світі в цілому та у машинобудівній галузі зокрема. Тому в літературі сформованого єдиного поняття гнучкості на даний час не існує, але всі вчені єдині в тому, що гнучкість – це особлива властивість будь-якої технічної системи, що визначає здатність до переналагодження в найкоротші терміни з мінімальними витратами.

Сучасне машинобудування приблизно на 75% має середньосерійний і дрібносерійний характер виробництва. Швидко оновлюється номенклатура машин, одночасно зростає їх складність і точність; що призводить до необхідності оперативної перебудови виробництва на підприємствах. Отже, необхідно створювати швидкопереналагоджувані виробництва, що забезпечували б високу продуктивність праці за рахунок застосування верстатів із широкими технологічними можливостями, гнучких верстатних пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів. Основним критерієм оцінювання є ступінь гнучкості, який може бути розрахований для технологічного та виробничого процесів, а також для окремих їх елементів.

У роботі виконано аналіз існуючих видів гнучкості, виявлено взаємозв'язок між ними та елементами технологічної системи «верстат – верстатний пристрій – інструмент – заготовка». Одним із важливих видів є машинна гнучкість, яка значно залежить від гнучкості верстатних пристроїв на операціях механічної обробки. Сучасні гнучкі верстатні пристрої характеризуються можливістю установалення деталей широкої номенклатури, що виготовляються на виробництві, з найменшими фінансовими затратами та витратами часу на переналагодження, при цьому забезпечуючи достатню жорсткість та мінімальні похибки установалення.

Розраховано ступінь гнучкості для трьох типів верстатних пристроїв: спеціального; збірного з елементів системи універсально-збірних пристроїв; універсально-збірного переналагоджуваного пристрою. Розрахунок проводився для різних величин партії запуску від 10 до 200 деталей, при цьому були враховані усі складові норм часу. Результати розрахунку показали, що для заданих виробничих умов ступінь гнучкості спеціального та збірного верстатних пристроїв дорівнює 0 та 0,5 відповідно. Найбільший ступінь гнучкості (0,8) має запропонований верстатний пристрій із системи універсально-збірних переналагоджуваних пристроїв. Особливо зростання ступеня гнучкості спостерігається при обробці партій деталей до 20–50 штук.

МЕХАНІЗМ ЗНОШЕННЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА ОСНОВІ СВН ПРИ ТОЧІННІ ЧАВУНУ МАРКИ ИЧ210Х30Г3

Юнак А. С., асистент

Питання довговічності поверхонь тертя, що знаходяться в умовах складного спектру руйнівних впливів, залишається найбільш актуальним об'єктом вивчення. Для його вирішення необхідні коректні, фізичні та розрахункові, моделі зношування, засновані на результатах теоретичних і експериментальних досліджень, кінетики пошкоджуваності і руйнування поверхневих шарів.

Зношення різальних інструментів, як правило, відбувається у результаті хімічного перетворення областей робочих поверхонь, що труться, пластичного змінення форми під впливом високих температур, втоми навантажених поверхонь, абразивних і адгезійних дій, крихкого руйнування. Наведені види зношування можна попередити за рахунок оптимізації параметрів режиму різання і правильного вибору інструментального матеріалу.

Метою роботи є дослідження механізму зношення різальних інструментів з сВН на прикладі «борсиніту» [1] при обробці зносостійкого високохромистого чавуну марки ИЧ210Х30Г3.

З метою визначення хімічних і фізичних взаємодій, що впливають на процес зношення та утворення фаски зношення в процесі обробки, було проведено хімічний аналіз та отримано знімки мікроструктури різальних пластини. Аналіз проводився з використанням растрової електронної мікроскопії РЕМ-100УМ, який оснащений системою енергодисперсійного аналізу (EDS).

Також визначено параметри фаски зношення на задній поверхні і отримано оптичні мікрофотографії за допомогою інструментального мікроскопу МБС 9.

Рентгендифракційні (XRD) дослідження структури матеріалу ріжучої пластинки дали змогу визначити природу фаз сполучення на границях між зернами сВН і Si_3N_4 . Дослідження проводилися на автоматизованому дифрактометрі ДРОН-4-07. Система автоматизації ДРОН-4 заснована на мікропроцесорному контролері, який забезпечує управління гоніометром ГУР-9 і передачу даних у цифровому вигляді на ПК.

Список літератури

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: В 6 т. / Под общей редакцией Н. В. Новикова. – Т. 5 : Обработка материалов лезвийным инструментом / Под н. С. А. Клименко. – Киев : ИСМ им. В. Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2006. – 316 с.

Робота виконана під керівництвом професора Дядюри К. О.

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ АРМИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ФОРМОВКЕ ЗАГОТОВОК ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Родин И. С., магистрант; Осадчий И. О., аспирант;
Евтухов А. В., доцент*

Снижение массы механизмов является одним из приоритетных направлений развития современного машиностроения. Уменьшение массы узлов без потери прочности и надежности, в частности, достигается за счет применения современных композиционных материалов. Такие узлы, как механическая передача, для снижения динамических эффектов и нагрузок на подшипники при их работе, могут быть заменены на углепластиковые, что важно для изделий, которые совершают перемещения с высокой скоростью и ускорением в условиях быстрого разгона и торможения.

На кафедре ТМСИ СумГУ проводится серия экспериментальных исследований, целью которых является повышение эффективности формовки заготовок зубчатых колес из композиционных материалов посредством выбора рациональной геометрии укладки армирующих волокон, что в конечном итоге, позволит обеспечить наибольшую несущую способность зубчатого колеса при сохранении его малого веса.

Процесс формовки зубчатых колес из композиционных материалов весьма специфичен. Определяющее влияние на качество готового продукта имеет способ (направление) армирования. Для того, что бы определить оптимальные направления укладки волокон в теле зуба нужно выполнить анализ сил, действующих в зубчатом зацеплении, определить векторы главных и эквивалентных напряжений в зубе. В связи с техническими трудностями, сопровождающими проведение натурального эксперимента, была предложена программа поискового модельного эксперимента с использованием программного комплекса *ANSYS*.

Для повышения адекватности конечно-элементной модели заготовки зубчатого колеса были выполнены испытания стандартных образцов углепластика, которые показали положительный результат при испытаниях на разрыв.

В результате проведения модельного эксперимента установлены рациональные схемы укладки волокон углерента: расположение волокна вдоль оси зуба.

Предложенные схемы укладки волокон углерента апробированы в ходе натурального эксперимента. Так, сравнительный анализ несущей способности зубчатых колес из углепластика и других неметаллических материалов, проведенный с использованием метода ступенчатого нагружения, показал эффективность предложенной технологии формовки заготовок.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОЛИРОВАНИЯ ШАРОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРОБОК В СТАТИЧЕСКИ УПЛОТНЁННОЙ АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ

М.Н. Дробязко, студент; В.И. Савчук, доцент

Технологический процесс отделочной обработки шаровых поверхностей пробок предусматривает метод полирования, который обязан обеспечить точность формы в пределах 20-40 мкм и шероховатость $R_a=0,2-0,25$ мкм. Режущим инструментом при полировании являются абразивные эластичные круги и ленты, струя абразивной жидкости во вращающихся барабанах и вибрационных контейнерах. Применяемые способы обработки имеют низкую производительность, не обеспечивают качественных показателей участков шаровой поверхности, что требует применения дорогостоящего оборудования и инструментов, рабочих высокой квалификации.

Для отделочной обработки шаровых поверхностей пробок, изготовленных из различных материалов, предлагается способ полирования в статически уплотнённой абразивной среде. Способ реализуется специальным устройством, в котором обрабатываемые пробки устанавливаются во вращающиеся шпиндели и помещены в герметический корпус. Корпус имеет две эластичные, концентрично расположенные резиновые оболочки. Шпиндели с пробками расположены между оболочками в абразивном слое, который является режущим инструментом. Абразивный слой в виде порошка из зёрен электрокорунда нормального марок 14А, 15А, электрокорунда белого марок 24А, 25А зернистостью 7-125 мкм находится в уплотнённом и напряжённом состоянии, который создаётся сжатым воздухом, действующим на внешние поверхности эластичных оболочек. Режущий инструмент образуется из свободных абразивных частиц, находящихся в составе суспензии, путём их уплотнения в абразивный брусок. Абразивный брусок позволяет копировать форму обрабатываемой поверхности различных размеров и обеспечить её качественные показатели в требуемых пределах.

Параметрами, определяющие качественные показатели поверхности пробок, являются давление, прикладываемое к эластичной оболочке камерного устройства, величина абразивных частиц и время полирования. Исследования показали, что независимо от размеров и конструкции шаровой поверхности, марки материала, из которого изготовлена пробка, требуемые чертежом точность формы и шероховатость поверхности обеспечиваются.

Экспериментальные исследования предложенного способа полирования позволили разработать рекомендации для выбора технологических режимов обработки в зависимости от различных исходных условий.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗМІРНОЇ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРОБЦІ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ДЕТАЛЕЙ ОБОЛОНКОВОГО ТИПУ З ТВЕРДОСПЛАВНИМ ПОКРИТТЯМ ПОВЕРХОНЬ ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ

*Петров С. О., магістрант; Кіяновський М. В., професор;
Цивінда Н. І., доцент, ДВНЗ КНУ, м. Кривий Ріг*

Об'єктом дослідження є доменні комплекси та їх пристрої, наприклад контактні пояси конусів і чаш засипного апарату, наплавлених твердосплавною порошковою стрічкою.

Актуальність: забезпечення розмірної стійкості інструмента при обробці великогабаритних деталей оболонкового типу з твердосплавним покриттям поверхонь підвищеної точності.

Метою роботи було дослідження методів обробки різанням наплавлених поверхонь великогабаритних деталей гірничо-металургійної промисловості оболонкового типу з забезпеченням розмірної стійкості інструмента.

Була розглянута проблема пов'язана зі складністю витримування геометричної форми контактної поясу конусів і чаш, високою твердістю поверхонь (HRC50 – 62), що важко піддаються різанню і визивають швидке зношення інструменту. Детально проаналізовані методи обробки різанням зміцнених поверхонь деталей металургійного обладнання електроконтактним шліфуванням та лезовим інструментом.

Для підвищення стійкості великого конуса і чаші засипного апарату доменного комплексу, наприклад від абразивного зносу їх контактні поверхні, а також ділянки робочих поверхонь, що безпосередньо примикають до них, зміцнюють шляхом наплавлення контактної поясу твердосплавною порошковою стрічкою ПЛ-АН 101 – 300X25C4H2Г2-Б-У (HRC50 – 56) або ПЛ-АН 111 – 500X40H40C2ГРЦ-Б-С (HRC 54 – 62).

На даний момент контактні поверхні конуса і чашів умовах РМЦ №1 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» обробляються на модернізованому токарно-карусельному верстаті моделі КУ-101 за допомогою шліфувальної голівки, яку встановлюють на один з супортів верстата електроконтактним шліфуванням.

Виявлено, що для прийнятої технології обробки характерні надзвичайно велика тривалість обробки, вимушені переривання обробки для технологічного обслуговування верстата, заміни високовартісного інструмента, періодичних розмірних налаштувань верстату, велика енергоємність, що робить її вартісною і малопродуктивною, тому необхідно провести експерименти з пошуку більш ефективного методу обробки наплавлених поверхонь [1].

Доведено, що при обробці точінням скорочується час обробки майже вдвоє, тож рекомендуємо для обробки наплавлених поверхонь обробку різанням токарним різцем, оснащеним пластинами з ПНТМ [2].

Було проведено дослідження збереження геометричної точності форми контактних поясів при обробці, підвищення розмірної стійкості інструменту при обробці, вибір ефективного методу та технології обробки, вибір прогресивних інструментальних матеріалів з підвищеною стійкістю, оцінка розмірної стійкості інструментальних матеріалів, оцінка продуктивності та вартості обробки, розробка практичних рекомендацій по застосуванню різальних інструментів є першочерговою задачею забезпечення ефективності технології обробки деталей та зниження її собівартості.

Дослідженнями встановлено, що економія від заміни електроконтактної обробки точінням складає 2505,354 грн. Сумарний річний ефект при використанні різця з пластинами, оснащеними кубічним нітридом бору (КНБ) складає 550926,8 грн., що доводить ефективність його використання для обробки наплавлених поверхонь високої твердості.

Подальші дослідження можуть бути направлені на підвищення стійкості інструменту з КНБ при обробці наплавлених поверхонь високої твердості. Таким чином дослідження і промислова перевірка їх результатів дозволяє зробити висновок, що при точінні вказаних захисних покриттів твердосплавною порошковою стрічкою ПЛ-АН 101 – 300X25C4N2Г2-Б-У або ПЛ-АН 111 – 500X40N40C2ГРЦ-Б-С найбільшу працездатність мають інструменти, оснащені пластинами з КНБ.

В результаті використання пластин з КНБ на металургійному комбінаті знижена трудоемність у 2-6 рази, відбулось скорочення часу обробки у 3 рази та збільшення виробничої програми у 2 рази, поліпшилась екологія процесу обробки.

Список літератури

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: В 6-ти т. / Под. общ. ред. Н. В. Новикова. - Т.5: Обработка материалов лезвийным инструментом / С. А. Клименко, А. А.Виноградов, Ю. А.Муковоз и др. Киев: ИСМ им. Бакуля, ИПЦ «Алкон» НАНУ, 2006. – 316 с.
2. Кіяновський М. В. Виробничі дослідження стійкості інструментальних матеріалів при обробці деталей гірничо-металургійного комплексу / М. В. Кіяновський, Н. І. Цивінда // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – Вип. 26. – С. 360–366.

**ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ
У МАШИНОБУДУВАННІ**

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КРИВОШИПНОГО ГАРЯЧЕШТАМПУВАЛЬНОГО ПРЕСА З КЛИНОВИМ ПРИВОДОМ

*Запорожченко В. С., доцент; Тур А. М., магістрант;
Богатенко Н. В., студентка; Дмитренко В. С. студент*

Найбільш розповсюдженим і потужним устаткуванням для гарячого об'ємного штампування є кривошипні гарячештампвальні преси (КГШП), номінальне зусилля яких досягає 160 МН (16 000 Тс). Ці преси відносяться до найбільш складних і дорогих типів устаткування з відносно великими витратами енергії. Ще одним суттєвим недоліком КГШП є нецентральне навантаження повзуна при штампуванні у бокових рівчачах штампа, центр тиску яких не співпадає з поздовжньою віссю шатуна преса. При цьому виникає пара сил, яка призводить до перекосу повзуна відносно станини, додаткового навантаження напрямних елементів преса і штампа, їх швидкого зношення, що значно зменшує точність та якість отриманих поковок. Німецька фірма «Eumiso» почала випускати КГШП з клиновим приводом переміщення повзуна преса. Клино має скіс вгору до траверси станини, з'єднаний поперечним шатуном з ексцентриковим валом і переміщується у напрямку, перпендикулярному напрямку ходу повзуна. Недоліком відомої конструкції КГШП є недостатня величина ходу повзуна, так як кут однобічного нахилу клина не може перевищувати $35^{\circ} - 40^{\circ}$ через можливість виникнення надмірних бокових навантажень на напрямні повзуна. Крім того, розміри заявленого преса вибрано емпіричним шляхом без моделювання конструкції і без теоретичного аналізу умов навантаження приводу. Це зменшує надійність роботи відомого преса, скорочує термін експлуатації. Нами у SolidWorks 2012 створено 3D-модель нового КГШП з приводом у вигляді двобічного клина. При використанні стандартних функцій системи SolidWorks виконано розрахунок на міцність основних вузлів і розроблено тривимірні моделі кожної окремої деталі. Усі деталі складені у просторову модель, на підставі якої отримано складальне креслення приводу преса та робочі креслення у AutoCAD 2012. Розроблено відео роботи, складання і розбирання даного преса. Проведено аналіз кінематичних та силових параметрів роботи запропонованої конструкції клинового приводу. На нову конкурентоспроможну конструкцію КГШП з приводом від двобічного клина подано заявку на нове технічне рішення на видачу деклараційного патенту України. Перевагами заявленого гарячештампувального преса є збільшення величини ходу повзуна завдяки застосуванню двобічного клина з двома косами вгору та вниз; зменшення матеріалоемності двобічного клина у порівнянні з матеріалоемністю однобічного клина при однаковій величині ходу; підвищення стабільності роботи преса і поліпшення умов роботи штампвальників за рахунок зрівноваженої конструкції клина з приводом від кругового шатуна-шайби, зменшення вібрації та струсів при штампуванні.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЛИБОКОГО СВЕРДЛІННЯ

Скрипченко М. О., магістрант

Глибоке свердління займає особливе місце серед операцій, які застосовуються при обробці деталей, що мають велику відносну довжину. Специфічність цієї операції полягає як у тому, що інструмент повинен прокладати собі шлях у суцільному матеріалі, не маючи заздалегідь підготовленої опори і жорсткого напрямку, так і у тому, що від якості глибокого свердління істотно залежить структура подальшого технологічного процесу. При глибокому свердлінні неможливо безпосередньо спостерігати за ходом процесу. Технологічне забезпечення це верстати, пристосування, різальний інструмент, вимірювальні прилади, режими різання. Основними задачами наукового дослідження є: аналіз сучасних уявлень щодо процесу свердління глибоких отворів, визначення необхідного технологічного забезпечення процесу; дослідження впливу параметрів режиму різання на загальну глибину свердління при обробці партії деталей; визначення функціональної залежності між режимами різання, стійкістю інструменту та загальною обробленою довжиною заготовок. Одним із можливих шляхів дослідження впливу параметрів режимів різання на стійкість різального інструменту може бути зокрема проведення віртуального експерименту за допомогою розробленої на кафедрі «Технології машинобудування верстати та інструменти» Сумського державного університету програми START для прогнозування стійкості інструменту. У результаті була отримана монограма залежності швидкості різання та довжини отвору від стійкості інструменту. Встановлено, що зі збільшенням швидкості різання, не залежно від глибини різання, стійкість інструменту знижується, однак слід враховувати, що при цьому продуктивність обробки зростає. Найбільша стійкість спостерігалася при швидкості 15,7 м/хв. та шляху різання 10200 мм, найменша при швидкості 140 м/хв і шляху різання 2970 мм. Глибина різання також впливає на стійкість інструменту. Так із зменшенням глибини різання з 10 до 6 мм стійкість зросла на 26 %, а у порівнянні з глибиною різання 2 мм на 65%. Однак продуктивність процесу, зважаючи на зменшення знятого припуску зменшилася на 40% і 80 % відповідно. Беручи до уваги ту обставину, що на шорсткість поверхні, а отже і на якість поверхневого шару, більшою мірою впливає подача ніж глибина різання можна припустити, що висока глибина різання дозволить забезпечити необхідну якість поверхні та продуктивність процесу.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що вперше створена номограма для визначення параметрів режиму різання; вперше розроблена методика визначення режимів різання, яка враховує глибину безпечного свердління, що дозволить розробити рекомендації щодо запобігання аварійної ситуації у процесі роботи.

Робота виконана під керівництвом доцента Швець С. В.

СВЕРДЛІННЯ КВАДРАТНИХ ОТВОРІВ

Єрмоленко А. Е., магістрант

Трикутник Рело є найпростішою, після круга, фігурою постійної ширини. Назва його походить від прізвища німецького механіка Франца Рело. Він був першим, хто досліджував властивості цього трикутника та використав його у своїх механізмах. Тобто, якщо до трикутника Рело провести пару паралельних опорних прямих, то, незалежно від вибраного напрямку, відстань між ними буде постійною. Ця відстань називається шириною трикутника Рело. Серед інших фігур постійної ширини трикутник Рело виділяється рядом екстремальних властивостей: найменшою площею, найменшим можливим кутом при вершині, найменшою симетричністю відносно центру. Трикутник отримав поширення в техніці - на його основі були створені кулачкові і грейфери механізми, роторно-поршневою двигун Ванкеля і навіть свердла, що дозволяють свердлити квадратні отвори. Свердло з перерізом у вигляді трикутника Рело і різальними кромками, співпадаючими з його вершинами, дозволяє отримувати майже квадратні отвори. Відмінність таких отворів від квадрата полягає лише у кутах. Інша особливість цього свердла полягає у тому, що його центр при обертанні не залишається на місці, як у традиційних спіральних свердел, а описує криву, що складається з чотирьох дуг еліпсів. Тому патрон, в якому затискається свердло, не повинен перешкоджати цьому руху. Уперше зробити подібну конструкцію вдалося Гаррі Уатсу, англійському інженерові, що працював у США. Для свердління він використав направляючий шаблон з квадратним прорізом, у якому рухалося свердло, вставлене у «плаваючий патрон». Патенти на патрон (Watts H. J. U.S. patent 1,241,175 (Floating Tool - Chuck)) і свердло. У конусний отвір шпинделя встановлюється плаваючий патрон у якому закріплюється свердло. У процесі свердління багатограних отворів подовжня вісь свердла не співпадає з подовжньою віссю отвору, а переміщується таким чином, що контур поперечного перерізу свердла вписується в оброблюваний багатограний отвір. Отже, шпиндель верстата, що має лише обертальний рух і осьове поступальне переміщення (подачу), за допомогою допоміжного інструменту забезпечує окрім вертикальної подачі і обертання ще і рух по дугам еліпса, який формується спеціальним шаблоном. Для квадратного свердління можна використати допоміжний інструмент, який складається з корпусу з внутрішнім зубчастим вінцем. У корпусі встановлена втулка для обертання свердла по додатковому колу. Ця втулка отримує обертальний рух від шестерні приводу, яка з'єднується зі шпинделем верстата через конус Морзе. У втулці ексцентрично встановлений свердлильний шпиндель, який обертається від шестерні, яка знаходиться у зачепленні з внутрішнім зубчастим вінцем корпусу. При цьому подовжня вісь свердла рухається по колу, що створює похибку форми отвору.

Робота виконана під керівництвом доцента Швець С. В.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА

Коротун М. М., доцент; Гончаренко О. В., магістрант

Найбільш перспективними для вимірювання теплових напружень верстатів в сучасних умовах є тепловізори, які широко використовуються у різних сферах інженерної діяльності. Тепловізор – оптико – електронний прилад для візуалізації температурних полів та вимірювання температури. Переважно працює в інфрачервоній частині електромагнітного спектру. Теплові зображення утворюються шляхом реєстрації спектрів випромінювання тіл під час їх нагрівання. Є приклади використання тепловізорів для візуалізації теплових полів електродвигунів, пасових передач та інших пристроїв, але дослідження температурних полів верстатів майже відсутні. Обробка деталей на верстатах з високими швидкостями супроводжується значним тепловиділенням в механізмах та системах верстата, що спричиняє температурні деформації вузлів верстата. Похибки обробки, обумовлені температурними деформаціями, можуть зробити неможливим одержання деталей з необхідною точністю. Особливо це питання стосується автоматизованого обладнання (верстати-автомати та напівавтомати, верстати з ЧПК, багатоопераційні верстати). Дослідження температурних та силових деформацій на сучасному рівні потрібно проводити з використанням комп'ютерних програм. За допомогою використання сучасних програм для досліджень розглянули деформації вузлів токарного верстата. Температурна поведінка верстата визначається інтенсивністю теплоутворення і теплообміну елементів верстата з оточенням та спряженими деталями. Більшість цих факторів є керованими, їх можна прогнозувати на стадії проектування верстатів. В сучасних умовах температурні деформації вузлів верстатів досліджують з використанням різних датчиків температури та пристроїв. Типовою апаратурою для досліджень є аналогові датчики температури, цифрові датчики, термоелектричні перетворювачі, а тепловізори тільки починають використовувати. До аналогових датчиків температури відносять датчики безпосереднього контакту нагрітого тіла і самого датчика. Типовим представником таких вимірювальних приладів є термометри. Складність полягає у здійсненні надійного і безпосереднього контакту між термометром та вузлом верстата. Термоелектричні перетворювачі діють за принципом термоелектричного ефекту, тобто завдяки тому, що в двох різнорідних напівпровідників або провідників виникає електричний струм. Термопари це відносні датчики і вихідна напруга їх залежить від різниці температур двох частин. Але застосування термопар при дослідженні температури верстатів обмежене їх незначною точністю при робочих температурах верстатів та інерційністю.

ВИКОРИСТАННЯ FLASH-ПРОГРАМ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТРЕНАЖЕРІВ ІЗ МЕТАЛООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ

Коротун М. М., доцент; Самара Н. В., студентка

Особливу роль при аналізі конструкцій металообробного обладнання відіграє асоціативне сприйняття загального виду обладнання, його компонування, основні елементи, що характеризують конструктивні особливості обладнання. Використання при цьому статичних схем важливе, але обмежує можливості адекватного відображення при наступних аналізах обладнання без наявності схем та видів. Тому у подальшому розвитку самостійного вивчення та аналізу загальних видів обладнання та його функціональних схем потрібно впроваджувати динамічні підходи до глибшого та мотиваційного сприйняття існуючих статичних видів та схем. Одним з напрямів такого динамічного підходу є використання анімаційних програм, що забезпечують як дидактичну, так і мотиваційну складову при самостійному аналізі загальних видів металообробного обладнання. У теперішній час розроблена значна кількість прикладів створення динамічних систем, що використовуються як ігрові ситуації. Розробка ж будь – яких динамічних програм при аналізі технічних конструкцій, зокрема металообробного обладнання, значно обмежена, і особливо це стосується саме металорізальних верстатів. Однією з динамічних систем, яку можливо використовувати при адекватному відображенні загальних видів верстатів, є складання пазлів. Для розробки та впровадження такої системи нами використовується анімаційна програма Flash сумісно з кодовою програмою Action Script 3. Ідея розробки полягає у тім, що загальний вигляд верстата розміщується спочатку у фотошоп, де поділяється на окремі елементи – плази. Далі плази імпортуються до Flash, де розміщуються у бібліотеці за загальними для цієї програми правилами. Обробка екземплярів плазів кодами Action Script 3 дає можливість складати загальні види металообробного обладнання на будь – якому компютері з використанням типової програми Flash Player. Така розробка дає змогу самостійно відпрацьовувати навички складання загальних видів верстатів, роботів, пристосувань, інструмента. Її можна використовувати як контролюючу при проведенні як атестаційних, так і диференціальних контролей. Іншим елементом впровадження анімації є створення пультів керування металообробним обладнанням. Це є важливим у тому сенсі, що крім кращого засвоєння основних елементів пульта керування додається можливість віртуального керування таким пультом. Віртуальний пульт не «зламається», ним можна «гратися» довго, а при наявності роботи на реальному пульті не потрібно буде засвоювати його основні рухи та положення вимикачів. Такі пульти дають можливість засвоювати мнемонику, що зазвичай використовується на сучасному обладнанні. Розробка такого типу пультів може бути елементом дипломного проектування.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТП «ВЕРТИКАЛЬ»

Цюпка О. А., студент

Розробка технологічних процесів у автоматизованих системах базується на загальних принципах і закономірностях технології машинобудування. Порядок розробки технологічних процесів наступний: аналіз креслення і планових завдань; визначення такту випуску, типу виробництва і його організаційної форми; вибір методу отримання заготовки на підставі техніко-економічної оцінки різних варіантів; вибір технологічних баз, оцінка точності базування і закріплення деталі; вибір методу обробки поверхонь, оцінка якості поверхонь і точності методів; вибір варіанту технологічного маршруту, послідовності операцій за мінімумом приведених витрат; розробка технологічних операцій (встановлення раціональної послідовності переходів; вибір моделі устаткування і визначення його завантаження; вибір оснащення; розрахунок припусків і остаточне оформлення креслення заготовки; розрахунок режимів різання; розрахунок норм часу; визначення розряду роботи; визначення техніко-економічної ефективності технологічного процесу); вибір засобів механізації і автоматизації елементів технологічного процесу і засобів внутрішньо цехового транспортування; розробка і оформлення технологічної документації відповідно до ЕСКД і оформлення технічного завдання на замовлення нових засобів технологічного оснащення. Вибір методу обробки залежить від конфігурації деталі, її габаритних розмірів, точності і якості оброблюваних поверхонь, виду заготовки. Спочатку визначають метод остаточної обробки, який забезпечує вимоги креслення по кожній поверхні а потім, якщо в цьому є необхідність, визначають проміжні. Після вибору методу обробки кожної поверхні складають маршрут обробки інструменту. Його мета – дати загальний план обробки інструменту, намітити зміст операцій технологічного процесу і вибрати устаткування. При оформленні технологічної документації у середовищі «Вертикаль» використовуються типові рішення. Але при цьому спостерігається ряд недоліків.

1. Для точіння у результаті пошуку визначений різець 2102-1231 ГОСТ 24996-82. При визначенні норми витрати різального інструменту позначення різця показано по іншому (відповідно до ISO).

2. При точінні призначено різець і подачу. Проте необхідно забезпечити параметри шорсткості поверхні. Вони залежать від допоміжного кута у плані, від радіуса при вершині та від подачі. У «Вертикаль» немає зв'язку між цими параметрами.

3. Для визначення відхилень необхідно вибрати квалітет – h14.

4. Послідовність формування технологічного процесу признається від поверхні заготовки. Проте правильно процес необхідно створювати не від заготовки, а від поверхні деталі. Тому кожен наступний запис повинен автоматично мати менший номер, ніж попередні.

Робота виконана під керівництвом доцента Швець С.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ШПИНДЕЛЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ МОДЕЛІ 1700ВФ30 ЗАЛЕЖНО ВІД ЧАСТОТИ ЙОГО ОБЕРТАННЯ

Серпенінов В. В., магістрант; Шаповал Ю. В., аспірант

Підвищення швидкості обробки деталей – один з найважливіших напрямків роботи науковців. Сучасні інструментальні матеріали дозволяють обробляти деталі зі швидкістю понад 1000 м/хв. Розробка та виготовлення верстатів, які можуть повністю реалізувати потенціал інструменту, досить складна. Особливий інтерес для вивчення представляють верстати, оснащені високошвидкісними шпинделями. Одним з важливих напрямків досліджень високошвидкісних шпинделів це динамічне дослідження жорсткості і гіроскопічних ефектів. Дослідження показують, що власні частоти коливань формуються з урахуванням жорсткості і маси тіла. Цього не буде достатньо, щоб знайти критичну швидкість для високошвидкісного шпинделя, оскільки жорсткість обертового тіла буде різною в залежності від швидкості. Доведено, що відцентрові і гіроскопічні ефекти значно змінюють значення власних частот. Розглянуто вплив попередньо натягу підшипників шпинделя на величину критичної частоти обертання шпинделя і виконаний теплової аналіз осьової і радіальної деформації шпинделя. На основі моделей виконано аналіз теплового стану підшипників шпинделя, стабільності різання з урахуванням динаміки інструменту, стійкості системи в залежності від геометричних параметрів інструменту. Дослідженнями доведено, що не можна збільшити продуктивність обробки деталей різанням тільки збільшенням частоти обертання інструменту або деталі. Виникають нові явища, які вимагають особливої уваги. Вивчення динамічних характеристик стану на базі верстату 1700ВФ30 дозволяють проаналізувати залежність величин коливань шпинделя від частоти його обертання. Для дослідження биття шпинделя під час обертання у всьому діапазоні частот використали безконтактний вимірювач відстані. Амплітуда коливань шпинделя вимірювалась за допомогою програмного осцилографа PowerGraph. Дослідження амплітудно-частотної характеристики верстату показали наявність декількох власних резонансних частот. Перша власна частота в діапазоні 10-30Гц, друга - близько 100Гц, третя в діапазоні 155-170Гц. Резонансна частота 100 Гц, що відповідає 6000 об/хв, призводить до зменшення коливань більш ніж на 20%. Дослідження у цьому напрямку продовжуються.

Робота виконана під керівництвом доцента Криворучко Д. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МІКРОРІЗАННЯ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Тарасенко О. О., студент; Голобородько Л. В., асистент

Розвиток методології створення скінчено-елементних моделей процесу різання має більш ніж тридцятирічну історію. Важливим елементом її реалізації є перевірка адекватності розробленої моделі експерименту. У зв'язку з цим метою цієї роботи є демонстрація адекватності розробленої скінчено-елементної моделі. Одним із способів дослідження процесу мікрорізання є скінчено-елементне моделювання, яке дозволяє врахувати більшість чинників, які впливають на процес мікрорізання. В якості вирішувача використовувалася багатоцільова програма скінчено-елементного аналізу LS-DYNA. Геометричні розміри модельованих тіл обиралися пропорційно товщині зрізу. Моделювання виконувалося в постановці з жорстким інструментом. Граничні умови при вирішенні механічної задачі реалізовані жорстким закріпленням основи прямокутної заготовки й обмеженням переміщення леза в напрямку осі Y. Навантаження прикладалися до інструмента його переміщенням у напрямку, протилежному позитивного напрямку осі X, зі швидкістю різання $V=200$ м/хв, подача приймалася рівною товщині зрізу. Геометрія інструмента задавалася наступними параметрами: передній кут $\gamma=15^\circ$, задній кут $\alpha=10^\circ$, величина фаски зносу $h_z=0,1$ і радіусом округлення різальної крайки ρ від 0.0025мм до 1 мм. Для встановлення впливу співвідношення a/ρ на величину усадки стружки в процесі мікрорізання був проведений віртуальний експеримент, під час якого було встановлено, що при вимірюванні усадки стружки отримуємо завищені значення. Оскільки зміна геометрії відбувається лише в зрізуваному шарі, то відповідно, збільшується товщина стружки, це збільшення становить від 50 до 88%, що вносить значну похибку при прогнозуванні усадки стружки, а частина заготовки, яка не підлягає різанню залишається незмінною. При проведенні моделювання процесу мікрорізання за раніше розробленим планом багатофакторного експерименту з урахуванням рекомендацій для підвищення точності прогнозування усадки стружки, отримали результати, де збільшення об'єму оброблюваного матеріалу не перевищує 6%, що значно менше раніше отриманих значень. Характер зміни усадки стружки при зміні товщини зрізуваного шару можна пояснити впливом масштабного фактору на вихідні показники процесу різання. Аналізуючи отримані результати, були розроблені рекомендації для скінчено-елементної моделі процесу мікрорізання, де враховували, що збільшення об'єму оброблюваного матеріалу не перевищує 6%. Таким чином, за результатами моделювання та проведення експериментів виконана перевірка адекватності розробленої моделі експерименту. Встановлена та продемонстрована адекватність розробленої скінчено-елементної моделі, де врахована значна кількість чинників, які впливають на процес мікрорізання.

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТНО–ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

*Тур А. М., магістрант; Нагорний В. В., інженер;
Залога В. О., професор*

У доповіді розглянуті результати практичного використання апаратно–програмного комплексу для діагностування стану різальних інструментів. Даний комплекс, який захищено чотирма патентами України, дозволяє оперативнo без переривання процесу обробки матеріалів прогнозувати фактичний ресурс інструменту та діагностувати на цій основі його технічний стан. В основу алгоритму функціонування комплексу покладено оригінальну ідею, яка полягає в тому, що одним з критеріїв оцінки працездатності різального інструменту було взято спеціально розроблений для вирішення даного завдання, так званий, показник якості $a_{\text{як}}$. Цей показник є безрозмірним параметром подібності, що дозволяє, по-перше, стандартизувати кількісно і якісно різноманітні технологічні умови обробки металу різанням і підходити до оцінки ступеня критичності стану інструменту з єдиних методологічних позицій.

Використання даного комплексу в практиці металообробки відповідає одному з найбільш важливих завдань автоматизованого виробництва.

Програмне оснащення даного комплексу забезпечує:

- реєстрацію зміни звуку в часі;
- розрахунок і будування тренда тиску звуку;
- розрахунок терміну експлуатації різального інструменту до його заміни чи підналагодження;
- контроль якості обробки деталі зі збереженням усіх даних у текстовому файлі;
- відображення результатів контролю у наглядній формі на екрані дисплею;
- подачу звукового сигналу у разі досягнення технологічною системою критичного стану, пов'язаного або з якістю обробки деталі, або з технічними станом різального інструменту;
- документування результатів діагностування у вигляді «Протоколу ...», що зберігається в текстовому файлі.

Використання цього комплексу дозволяє уникати браку деталі та незапланованих простоїв обробної технологічної системи, пов'язаних з підналагодженням або заміною різального інструменту, та браком деталі. Комплекс демонструвався в дії на кафедрі ТМВІ під час проведенні республіканської конференції «Машинобудування – очима молодих» і отримав позитивні відгуки від учасників конференції. Передбачається впровадження такого комплексу в навчальний процес та на виробництві.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННЕЙ РЕЗЬБЫ МЕРНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Нешта А. А., аспирант

Известные способы обработки внутренних резьб предполагают обработку за несколько проходов с использованием универсального оборудования или за один проход, но дорогостоящим инструментом на специализированном оборудовании. Для повышения универсальности и производительности процесса обработки внутренней резьбы необходимо определить возможность использования способа обработки внутренней резьбы мерным инструментом. Применение мерного инструмента со стандартными режущими пластинами позволит уменьшить основное время путем обработки резьбы за один рабочий ход и снизить стоимость режущего инструмента. Проведение исследований по определению области применения способа нарезания внутренней резьбы мерным инструментом на фрезерных станках с ЧПУ производилось для наиболее распространенных типов резьб в машиностроении: метрическая, дюймовая, трапецеидальная, упорная, круглая с профилем ISO 10208 и DIN 20317. С помощью программного продукта КОМПАС 3D были построены 3D-модели внутренних резьб по размерам профилей согласно конкретным стандартам и получены их осевые сечения. Осевые сечения профилей представляют собой совокупность кривых 2-го и 4-го порядков. Кривые 2-го порядка являются частями окружностей, диаметр которых равен диаметру впадин внутренней резьбы, а кривые 4-го порядка – проекции частей витка резьбы в осевом сечении заготовки. Для обработки резьбы мерным инструментом необходимо определить максимально приближенную к осевому сечению профиля окружность, диаметр которой определяет номинальный диаметр мерного инструмента. В результате построения обнаруживается несовпадение максимально приближенной окружности и осевого сечения резьбы, которое возможно определить максимальным расстоянием (отклонением) между осевым сечением профиля и диаметром мерной фрезы. Максимальное отклонение Δ_{max} является основным критерием влияния на точность изготовления резьбы, а именно его величина не должна превышать допустимого отклонения среднего диаметра согласно стандарту. Таким образом, область применения способа обработки внутренней резьбы мерным инструментом зависит от допуска на изготовление резьбы (допуск на средний диаметр) T_{D2} и максимального отклонения Δ_{max} .

Путем сравнения этих двух величин для разных типов резьб было установлено, что мерным инструментом возможно обработать дюймовые, круглые резьбы с профилем ISO 10208 и DIN 20317, а также метрические резьбы от М16 до М30. Продолжаются теоретические разработки в области методов обработки внутренней резьбы разного профиля мерным инструментом.

Работа выполнена под руководством доцента Криворучко Д. В.

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

КРИТЕРІЙ ІНЕРТНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОДУКЦІЇ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Безпалый М. Г., аспірант; Дядюра К. О., професор

Нестабільність світової фінансової системи та нові хвилі криз, що періодично виникають вимагають підвищення ефективності ведення бізнесу. У сучасних умовах існуючі підходи щодо синхронізації запитів замовників (споживачів) при сервісному обслуговуванні складних технічних систем (далі СТС) (наприклад, таких як енергетичне обладнання: компресорне, насосне та іншого), які виготовляється на замовлення не завжди є ефективним. Це пов'язано з різницею між реальним і прогнозним станом процесів на етапах життєвого циклу виробів (ЖЦВ) [1]. Тому нами був запропонований критерій оцінки інертності прийняття рішень, який допоможе на основі аналізування даних та інформації визначити результативність виконання замовлень сервісним підприємством. Роботу сервісного підприємства можна розглядати як систему обслуговування деякої кількості заявок замовників.

Обслуговування СТС відбувається відповідно до стандарту управління якістю ISO/DIS 9001 [2], що дає можливість встановлювати, планувати та контролювати всі процеси, визначати дії, необхідні для забезпечення ресурсами виготовлення та постачання продукції, яка задовольняє потреби й очікування замовників. Всі процеси взаємопов'язані, якщо розробник СТС (або виробник) допустив помилку, то на кінцевому етапі (споживач) буде відсутній бажаний результат. Модель перетворення ЖЦ СТС складається: входи (ресурси) процесу перетворення і виходу (продукція) [1].

Прийняття рішення є складним процесом і завжди пов'язане з деякою невизначеністю про наявні вимоги та зміни контексту організації. Фактори ризику при прийнятті рішення: персонал, обладнання, програмне середовище, матеріали, зовнішнє середовище, керуючі дії. Виділяють дві поведінкові моделі при прийнятті рішень: поняття «обмеженої раціональності», поняття «досягнення задоволеності» [3].

Дослідження у роботі направлені на розробку методології створення ієрархічної багатофункціональної та багатоелементної структури сервісного обслуговування замовників машинобудівної продукції виробничо-технічного призначення на основі інтеграції їх потреб і запитів з виробничою інфраструктурою підприємств, взаємозв'язаними процесами на стадіях ЖЦ.

Предметом дослідження є встановлення залежності між характером потоку заявок, кількість каналів, їх продуктивність, правилами роботи та успішністю (ефективністю) обслуговування. Розглянемо систему замовлень {замовник 1: заявка 1.1, заявка 1.2, заявка 1.3...; замовник 2: заявка 2.1, заявка 2.2, заявка 2.3...; замовник 3: заявка 3.1, заявка 3.2, заявка 3.3... та інші} сервісного підприємства. Заявку оцінюємо комплексним критерієм – m_{ij}

(рівень вимог до продукції та послуг, що надаються). Оцінка вимог і можливостей може бути представлена

$$m_{ij} = \sum_{j=1}^N a_j \cdot q_{ij}, \quad (1)$$

де q_{ij} – відносні характеристики j -ої заявки i -го замовника; a_j – коефіцієнти вагомості, які враховують важливість техніко-економічних показників; N – кількість техніко-економічних показників.

Величина $M = \sum_i \sum_j m_{ij}$ – є сумарною оцінкою рівня замовлень, а також мірою інерції при прийнятті рішень. Чим більший рівень вимог сконцентровано далі від рівня можливостей організації, тим більшою є інерція при прийнятті рішень, щодо виконання вимог замовників.

Введемо позначення

$$I_0 = \sum_i \sum_j m_{ij} (E r_{ij}^{-2} - \bar{r}_i \otimes \bar{r}_{ij}). \quad (2)$$

Величина I_0 – є тензором інерції сумарною оцінкою рівня замовлень, який показує наскільки ефективно компанія досягає поставлених цілей та дотримується визначеної стратегії. Цей показник для кожного процесу встановлюють, враховуючи визначення і мету процесу. Передбачається, що зовнішні умови, які впливають на функціонування системи, відомі і фіксовані. Його значення буде залежати тільки від радіус-вектора \bar{r}_{ij} . При зміні системи процесів ЖЦ СТС складові тензора інерції змінюються. Для любой осі l можна записати

$$I_l = [e^{-l}] I_0 [e]. \quad (3)$$

Таким чином, у роботі запропоновано враховувати показник інерції при прийнятті рішень щодо необхідних вимог замовника до продукції та запланованих результатів. Даний критерій буде використаний для моніторингу проектів, показуючи причинно-наслідкові зв'язки між цілями та результатами які будуть досягнуті. Безпосередньо сам підхід використаний при створенні системи моніторингу відповідності виконання вимог замовників на сервісному підприємстві.

Список літератури

1. Залога В. О. Спадкові принципи формування якості складних машинобудівних виробів: монографія / В. О. Залога, К. О. Дядюра, В. В. Нагорний. – Суми: Вид-во СумДУ, 2012. – 347 с.
2. ISO/DIS 9001:2015(E): Quality management systems – Requirements.
3. Буряк Ю. И. Параметрическая оптимизация в системе с несколькими целевыми функциями/ Ю. И. Буряк, В. В. Инсаров // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007. – № 5. – С. 89–99.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО НОВОЇ РЕДАКЦІЇ СТАНДАРТУ ISO 9001

Стаф'єва Є. О., аспірант; Дядюра К. О., професор

Розвиток систем управління якістю супроводжується переглядом стандартів ISO серії 9000. Нова версія стандарту ISO 9001 має істотні зміни в порівнянні з версією 2008 року. Версія стандарту ISO 9001:2015 розроблена згідно з додатком до директиви ISO Annex SL (ISO/IEC Directives, Part 1 Consolidated ISO Supplement – Procedures specific to ISO).

Підхід до побудови та управління системою якості, визначає роботу організації, в тому числі і роботу системи якості, яка розглядається з точки зору процесів цієї організації. Всі організації вибудовують систему якості за єдиної моделлю, незалежно від виду продукції, що випускається та послуг, а також етапів життєвого циклу виробництва [1, 2].

Передбачається, що зміни, внесені в нову версію стандарту ISO 9001:2015 створять стабільний набір вимог, що залишаться незмінними протягом 10 років в постійно мінливих зовнішніх економічних і бізнес умовах.

Положення, які можуть використовуватися організаціями для управління процесами, розуміння і задоволення вимог споживача, створення цінностей та управління постійними поліпшеннями виокремлюються у розділі 8 «Виробнича діяльність» ISO 9001:2015 [3], наведені у таблиці.

Таблиця – Вимоги до виробничої діяльності

Етапи виробничої діяльності	Вимоги
1	2
Планування і управління процесами	Організація повинна планувати, застосовувати і управляти процесами, необхідними для системи якості.
Визначення вимог до продукції і послуг	Організація повинна визначити і встановити процеси взаємодії зі споживачами, визначити вимоги, пов'язані з продукцією і послугами і проводити регулярний аналіз вимог, пов'язаних з продукцією та послугами. Для виконання цих вимог повинні бути визначені і встановлені відповідні процеси.

Продовження таблиці

Розробка та проектування продукції та послуг	Загальні вимоги з проектування та розробки, вимоги щодо планування проектування та розробки, проектування та розробки вхідних даних, проектування та розробки методів контролю, проектування та розробки вихідних даних, проектування та розробки змін.
Збереження продукції та послуг	Цей розділ містить вимоги з управління готовою продукцією та послугами, вимоги щодо ідентифікації та простежуваності, збереженню власності споживача або зовнішнього постачальника, захисту продукції і діям після поставки, а також з управління змінами продукції.
Випуск продукції і надання послуги	У цьому розділі ISO 9001:2015 визначено вимоги щодо виконання дій до поставки продукції споживачеві.
Управління невідповідними процесами, продукцією або послугами.	Вимоги цього розділу визначають необхідні дії організації у разі виникнення невідповідностей у процесах, продукції або послуги.

Таким чином, процеси трансформують входи (розуміння вимог) у бажані виходи (виконання цих вимог). Не контролюючи входи для кожного процесу, організація може не додавати цінності внутрішнім і зовнішнім виходам процесу. Такий підхід визначає стандарт ISO 9001, як реальний інструмент для управління бізнесом, а не тільки стандарт управління якістю.

Список літератури

1. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT): ДСТУ ISO 9000:2007. – [Чинний від 01.01.2008]. – К.: Держспоживстандарт України 2007. – 35 с. – (Національний стандарт України).
2. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001:2009. – [Чинний від 22.06.2009]. – К.: Держспоживстандарт України 2009. – 34 с. – (Національний стандарт України).
3. Езрахович А. Я. Новая версия ISO 9001:2015 / А. Я. Езрахович, В. А. Дзедик, Ю. М. Банных // Методы менеджмента качества. – 2014. – №07. – С. 32 – 36.

УПРАВЛІННЯ ВІДПОВІДНІСТЮ ЗА СТАНДАРТАМИ ISO/DIS 19600:2014 ТА ISO 55000:2014

Жук П. І., аспірант; Дядюра К. О., професор

Відповідність нормам – одне з найважливіших питань сучасного бізнесу, який характеризується схожою діяльністю, продукцією або послугами і пов'язаними з ними аспектами навколишнього середовища. Відсутність адекватних інструментів управління та організаційної культури може призвести до втрат через невідповідність вимогам. Основною метою забезпечення відповідності є гарантія того, що компанії виконують свої зобов'язання і ефективно управляють ризиками для своєї репутації.

Новий стандарт ISO 19600, розроблений проектним комітетом ISO/PC 271 «Системи управління відповідністю», містить повне керівництво з корисними і простими у застосуванні прикладами та порадами для оцінки власної ефективності та її підвищення в подальшому.

Якщо компанія працює в рамках ланцюжка поставок-постачання непродовольчих товарів на ринок, то вона принаймні один з них!

Ефективність роботи промислових підприємств багато у чому залежить від забезпечення відповідності обладнання технологічних процесів встановленим вимогам. Постійне коливання цін на паливно-енергетичні ресурси (ІІЕР) і підвищення законодавчих вимог (EnEG, EnEV, EEG, EEWärmeG, BImSchG і т. д.) вимагає від підприємств оптимізації процесу споживання енергоресурсів та системного управління фізичними активами.

У відповідності до вимог стандарту ISO 55000:2014, управління фізичними активами передбачає знаходження балансу між продуктивністю, витратами і ризиками протягом усіх стадій життєвого циклу активів.

Відсутність наукових підходів та відповідного нормативно-методичного забезпечення, що базуються на використанні загальносистемних еволюційних моделей, які враховують вимоги стандартів ISO 19600:2014 та ISO 55000:2014 під час проектування, виготовлення та експлуатації продукції виробничо-технічного забезпечення залежно від динамічної зміни внутрішнього і зовнішнього середовища, призводить до значних необґрунтованих витрат інформаційних, матеріальних та енергетичних ресурсів при задоволенні вимог замовників та інших зацікавлених сторін.

Ця проблема є актуальною для різних галузей промисловості України і значною мірою стосується ефективності використання техніко-економічної інформації при забезпеченні якості таких складних виробів, як компресорне обладнання (КО). Об'єктом досліджень у даній роботі є найбільш загальні, фундаментальні нелінійні закономірності організаційно-технічного механізму послідовного формування емерджентних властивостей продукції виробничо-технічного забезпечення у період від обґрунтування їх розроблення до закінчення експлуатації та подальшої утилізації відповідно до стандартів ISO 19600:2014 та ISO 55000:2014.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Коновалова Н. О., аспірант

Нині існує багато видів тестових завдань, а також підходів до їх класифікації, проте вони не враховують особливості інженерної освіти, оскільки майбутній випускник в цій сфері повинен мати не лише певні знання, а й відповідні вміння та навички.

За результатами літературного огляду було вибрано 17 найпоширеніших класифікаційних ознак тестових завдань. З метою оцінки придатності для контролю вмінь та навичок різних видів тестових завдань було проведене анкетування викладачів інженерних спеціальностей. Математичний аналіз результатів анкетування дозволив встановити, що найважливішими являються наступні класифікаційні ознаки:

Конструкція тестового завдання – критерій класифікації тестового завдання, який включає наступні підкритерії: вільне поле введення, символно-текстовий набір та покадрове відображення фаз руху.

Модель відображення фізичних об'єктів та процесів – критерій класифікації тестового завдання, який дає розуміння яким чином студенту показано об'єкт чи процес, з яким він буде працювати. Це може бути віртуальна реальність, мультимедійна форма, розрахунково-графічна модель, графічна форма чи символна форма.

Форма роботи з фізичними об'єктами та процесами, що вивчаються – критерій класифікації тестового завдання, який означає ступінь доступу студента до об'єкта чи процесу, що вивчається. Може бути дистанційною, очною чи обмеженого доступу.

Призначення – критерій класифікації тестового завдання, який пояснює з якою метою проводиться тестування. За призначенням тестові завдання можуть бути для контролю вмінь, знань чи навичок.

Черга подання завдань – критерій класифікації тестового завдання, який означає порядок подання завдань залежно від попередніх відповідей студента. За чергою подання завдання тест може бути адаптивним, зростаючої складності чи змішаним.

Співвідношення з нормами або критеріями – елемент класифікації тестового завдання, який розподіляє тестові завдання на тести досягнень, тести порівняння та тести відбору.

Метод тестування – критерій класифікації тестового завдання, який вказує на пристрої чи об'єкти, за допомогою яких виконується тестування. За методом тестові завдання можуть бути бланковими, предметними, практичними та програмними.

Вид тестового завдання – критерій класифікації тестового завдання, який розподіляє тестові завдання на відкриті та закриті.

Робота виконана під керівництвом професора Алексєєва О. М.

НАЦІОНАЛЬНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЇЇ АДАПТАЦІЯ ДО ЗАГАЛЬНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ

Кривошея С. О., аспірант; Дядюра К. О., професор

Перед українськими виробниками окремих категорій промислової продукції, у тому числі машин та механізмів, стоїть завдання переходу на європейські методи виробництва та оцінки відповідності своєї продукції перед її введенням в обіг, особливо при експорті до країн-членів ЄС та ЄЗ. Нині Україна перебуває у фокусі впливу інтеграційних процесів з Європейським Союзом (ЄС). Одним з ключових положень угоди є, завдання Україні розпочати процес впровадження європейських стандартів у всіх сферах життя. Важливими етапами розвитку України з ЄС є співробітництво у сфері технічного регулювання, стандартизації, ринкового нагляду, акредитації та робіт з оцінки відповідності з метою поглиблення взаєморозуміння відповідних систем та спрощення доступу до відповідних ринків [1].

В Євросоюзі створена система технічного регулювання, яка на сьогодні у світі розглядається, як найбільш ефективна модель для міжнародного співробітництва, оскільки визначально створювалась для формування єдиного економічного простору. Європейська стандартизація організована зацікавленими сторонами на основі національного представництва (Європейський комітет з стандартизації (CEN) та Європейський комітет з стандартизації в галузі електротехніки (Cenelec)), прямої участі (Європейський інститут по стандартизації в галузі телекомунікацій (ETSI)).

Основним актом *acquis* ЄС у сфері стандартизації є Регламент (ЄС) Європейського Парламенту і Ради ЄС від 25 жовтня 2012 р. № 1025/2012 про європейську стандартизацію.

Ефективність європейського підходу у сфері технічного регулювання підтверджується наявністю угод про взаємне визнання результатів оцінки відповідності з такими країнами, як Японія, США, Канада, Австралія, Нова Зеландія, Швейцарія, Ізраїль. В країнах ЄС вільне переміщення товарів базується на основі «Нового підходу» до технічної гармонізації і стандартизації та «Глобального підходу» у сфері оцінювання відповідності. Такі підходи реалізуються через відповідні інструменти – директиви ЄС, які також затверджуються Радою Європи і представляють собою цілісну систему [2].

Для Українського виробника, потрібне розуміння того як отримати доступ на внутрішній ринок ЄС. На сьогодні в Україні працює велика кількість підприємств, які вже сьогодні готові виходити зі своєю продукцією на ринок ЄС. Проте, однією з хиб виробників є не правильне твердження, що продукція, вироблена в Україні та інших країнах СНД, обов'язково має більш низькі споживчі властивості. Багато видів вітчизняної продукції мають кращі споживчі властивості і показники безпеки. Реальною проблемою при виході

на зовнішній ринок є відсутність європейських сертифікатів відповідності (ЕС Certificate of Conformity), проведення випробування в лабораторіях країн членів ЄС (Test Report), що підтверджують відповідність європейським гармонізованим вимогам

Низький рівень розуміння та обізнаності з боку вітчизняних підприємців, промисловців щодо важливості застосування міжнародних норм і правил, сучасних стандартів, процедур оцінки відповідності, засобів вимірювальної техніки, методів управління якістю, захисту прав споживачів суттєво впливає на процес успішної адаптації [3].

Отже метою цієї роботи є комплексне дослідження національної системи технічного регулювання і її адаптація до загальноєвропейської.

Розглянуто підвищення ефективності національної системи технічного регулювання в контексті її адаптації до загальноєвропейської. Проведено аналіз вимог Директив Нового (з стандартизації) та Глобального (з сертифікації) підходів. Систематизовано основні перешкоди на шляху повноцінної інтеграції України у міжнародну економічну систему. Розглянуто вимоги Директиви 2006/42/ЄС, що регулює питання проектування, виготовлення, оцінки відповідності та розміщення на ринку машин та механізмів.

Розвиток подальших досліджень в даному напрямку повинен бути спрямований на розробку науково обґрунтованих рекомендацій спрямованих на забезпечення збалансованої взаємодії всіх складових (наукової, технічної, виробничої, інноваційної, енергетичної та ін.), розробку та впровадження механізму технічного регулювання в усіх галузях промисловості.

Україні потрібно направити зусилля на створення національної системи технічного регулювання, що буде більш гнучкою, дозволить українській економіці активно впроваджувати інноваційні технології та брати активну участь у міжнародній та регіональній стандартизації у сферах високих технологій. Застосування новітніх стандартів наштовхне на модернізацію виробництв що принесе великий потенціал, а також зміцнить конкурентоспроможність продукції та економіки в цілому.

Список літератури

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським союзом і його державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://euroua.com/association/>
2. Валага Л. Ю. Ефективність адаптації національної системи технічного регулювання у відповідність до вимог європейського союзу / Л. Ю. Валага // ВІСНИК КНУТД. – 2014. – №1. – С. 235–243.
3. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності». [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3164-15>

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОФЕСОРСЬКО-ВИКЛАДАЦЬКОГО СКЛАДУ ВНЗ У ДИСТАНЦІЙНІЙ ОСВІТІ

Лозова К. А., аспірант

Перехід від класичних форм навчання до більш конкурентним формам дистанційного навчання базується на змінах як в організації учбового процесу, так і в підходах що до визначення якості освіти. Відбувається зміна пріоритетності показників в рейтинговій оцінці університетів, факультетів та викладачів.

За результатами проведеного аналізу міжнародних та національних рейтингів вузів, можна стверджувати, що рейтинги мають як спільні ознаки, так і суттєві відмінності в індикаторах та показниках якості освіти. Міжнародні університети частіше орієнтуються на роботодавців, досягнення випускників. Саме з цих причин в рейтингах переважають показники «Кількість випускників-лауреатів Нобелівської премії», «Кількість викладачів-лауреатів Нобелівської премії» та ін.. Проте висока інерційність такого підходу, обумовлена розривом в часі між початком навчання студента та результатами його просування по кар'єрних сходах, робить малоефективним використання подібних рейтингових оцінок в прийнятті оперативних рішень з управління навчальним процесом.

Схожу спрямованість мають всеукраїнські рейтинги. Окрім цього, значно акцентується увага на «ресурсне забезпечення», обумовлене зусиллями університетів привабити більш зацікавлений контингент студентів. Наукова активність викладачів, цитування, кількість публікацій, розроблених навчальних посібників, матеріалів, курсів – дані показники властиві практично всім розглянутим рейтингам як міжнародним, так і рейтингам пострадянського простору. Ці показники з різних сторін характеризують ресурсну забезпеченість вузу, але слабо зорієнтовані в оцінці власне навчальної діяльності, яка є найважливішою характеристикою ефективності вузу.

Оцінювати якість навчальної діяльності професорсько-викладацького складу ВНЗ, на наш погляд, в першу чергу необхідно за її результатами, які можуть бути виражені рівнем знань та умінь студентів, досягнутих під керівництвом викладача. В класичній формі освіти даний спосіб може бути неефективним в результаті можливого необ'єктивного оцінювання студента викладачем. Дистанційне навчання пом'якшує недоліки даної оцінки, так як в ньому домінує комп'ютеризований тестовий контроль, менш залежний від людського фактору. Залучення до рейтингу показника сформованості знань та умінь студентів, набутих під керівництвом викладача, може дозволити в повній мірі оцінити якість професорсько-викладацького складу за результатами поточного контролю успішності, також оперативно управляти дистанційним навчанням.

Робота виконана під керівництвом професора Алексєєва О. М.

ЕКСПЕРТНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Мазний Б. В., магістрант

Модернізація вітчизняної освіти передбачає впровадження системи управління якістю та організації в навчальних закладах спеціалізованих структур, що здійснюють контроль ефективності процесу навчання.

Відбір експертів, формування експертних груп у складі структур управління якістю освітніх послуг – досить складне завдання, результат якої найбільшою мірою визначає ефективність методу і правильність отриманих рішень. Вибір експертів, в першу чергу, передбачає чітке розуміння критеріїв відбору. При цьому необхідно до складу експертних груп додати достатню кількість експертів, щоб забезпечити достовірне оцінювання результатів експертизи із застосуванням математичних методів. Як правило, для групового оцінювання необхідно залучення не менше 7–9 експертів [1].

Широке використання інформаційних і телекомунікаційних технологій під час дистанційного навчання дозволяє додати до складу експертної групи не тільки працівників конкретної кафедри або факультету, а й кваліфікованих співробітників споріднених кафедр інших вузів, незалежно від їх географічного розташування. Як наслідок з'являється можливість залучити більшу кількість експертів та ретельніше підійти до формування великих за складом експертних груп.

Літературний огляд [1, 2 та ін.] дозволяє зробити висновок, що під час формування експертної групи для оцінювання якості дистанційного навчання доцільні наступні критерії відбору: відповідність профільної освіти експерта тематиці проведених досліджень, вчена ступінь, вчене звання, кількість сформованих експертних висновків, кваліфікація експерта, визнання експерта. Для оцінки рівня якості дистанційного навчання встановлюють ще й такі вимоги, які безпосередньо не можуть бути виміряні, але побічно оцінюються: високий рівень загальної ерудиції, наявність академічного наукового інтересу до оцінюваним проблемних питань, наявність досвіду в оцінюваній галузі знань, принциповість, інтуїція. Кожен із критеріїв відбору експертів має свою доцільність та шкалу оцінки, за якою і визначається вагомість експерта під час групового оцінювання. Також значну роль відіграють допоміжні критерії відбору, які не оцінюються за визначеною шкалою, але є не менш вагомими при виборі експертів, наприклад, цитованість та ін.

Список літератури

1. Литвак Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б. Г. Литвак. – М.: Патент, 1996. – 298 с.
2. Чернышева Т.Ю. Модель многокритериальной оценки экспертов / Т. Ю. Чернышева // Альманах современной науки и образования. – 2008. – № 9 (16). – С. 242–245.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПОНЯТТЯ «ЕЛЕКТРОННИЙ ПІДРУЧНИК» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Нагорна Т. Ю., аспірант

В Україні електронні видання регламентуються державним стандартом ДСТУ 7157:2010, а також Положенням про електронні освітні ресурси. В першому надане лише поняття «електронні видання», в другому – уточнено поняття «електронний підручник» як вид електронних освітніх ресурсів. Але для інженерного навчання ці терміни є незакінченими. Тому, завданням дослідження є проаналізувати використання поняття «електронний підручник» в науково-методичній літературі з метою уніфікації та представлення власного тлумачення терміну для інженерних спеціальностей.

Деякі науковці сприймають електронний підручник або в вузькому розумінні – як друкована книга з додаванням гіперпосилань, або в широкому розумінні – як програмно-методичний комплекс, який об'єднує за змістом: підручник, довідник, задачник. В той же час наведенні формулювання не враховують специфіку інженерної освіти, для якій привласни необхідність формування не тільки знань, но і вмінь; багатий обсяг графічної інформації, що є не тільки початковою для проектування, але і його кінцевим результатом; особливі вимоги до наочності навчальних видань тощо.

Виходячи з вищевказаного, запропонуємо уточнене поняття електронного підручника що до викладання дисциплін циклу професійно-практичної підготовки студентів інженерних спеціальностей. На нашу думку, електронний підручник – це електронне навчальне видання з систематизованим викладом дисципліни (її розділу, частини), що відповідає навчальній програмі, забезпечене безперервністю дидактичних властивостей та містить теоретичний матеріал, доповнений математичним та імітаційним моделюванням з комп'ютерною візуалізацією, великою динамікою мультимедійних технологій, надає можливість контролювати сформованість знань та вмінь, здійснювати інтерактивний зворотній зв'язок та офіційно затверджене як даний вид видання.

Отже, структура, склад електронного видання для інженерних спеціальностей будуть відрізнятися, адже воно мусить підтримувати новітні інформаційно-комунікаційні технології, аудіо візуалізація, імітаційні моделі, гіперпосилання тощо, використання яких дозволить забезпечити необхідну якість дистанційної інженерної освіти. Тому необхідно переглянути традиційне ставлення до навчальної літератури, починаючи з уніфікації термінологічного словника щодо визначення поняття електронного посібника.

Робота виконана під керівництвом професора Алексєєва О. М.

ПОДХОДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ К ПОДТВЕРЖДЕНИЮ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ

Савченко Е. С., аспирант; Заика И. Ю., студент

Создание единого европейского рынка является основной целью Европейского Союза (ЕС). Этот рынок развивается на основе 4 принципов: свободное оказание услуг; свободное движение капитала; свободное передвижение людей; свободное обращение товаров.

Свободное обращение товаров реализуется через преодоления торговых барьеров. К таким барьерам относятся с одной стороны таможенные ограничители (запретительные тарифы), а с другой стороны протекционизм на национальном (государственном) уровне. В практике товарооборота государственные барьеры принято называть техническими (нетарифными) барьерами. Они проявляются как следствие применения национальных технических регламентов, стандартов, норм, правил, в которых содержатся требования (спецификации) к поставке товаров. Первые шаги на пути устранения технических барьеров в Европе были сделаны в 1986 году, когда 12 европейских стран договорились о гармонизации национальных технических законодательств и признании процедур оценки соответствия. Эта договоренность известна как «Старый подход» и она основывалась на статье 100 Римского трактата от 1957 года о создании Европейского экономического Союза. В рамках этой договоренности было выработано около 200 Директив «Старого подхода» в сфере строительства и строительного оборудования, сельского хозяйства и средств сельскохозяйственной механизации, фармацевтической продукции, продуктов питания.

Эти вертикальные Директивы на конкретную продукцию продолжали тормозить свободное обращение товаров из-за тяжеловесной, дорогостоящей и долговременной процедуры их выполнения. 1 ноября 1993 года вступило в силу Соглашение о Европейском Союзе, подписанное 7 февраля 1992 года, которое создало в Европе единое экономическое пространство. Единый рынок стал стимулом для участия в нем организаций, расширяющих рынки сбыта и открывающих заманчивые перспективы для реализации своих товаров и ведения бизнеса в Европе. В 1997 году был принят Единый акт, посредством которого состоялся выпуск новой унифицированной методики, получившей название «Нового подхода». Согласно этой методике были разработаны Европейские Директивы «Нового подхода», основные требования которых направлены на: защиту окружающей среды; охрану здоровья человека; безопасность товара в эксплуатации.

Отличительным признаком Директив «Нового подхода» стало исключение протекционизма на национальном (государственном) уровне и любых детальных технических указаний. В Директивах «Нового подхода» не указывается способ, при помощи которого должны или могут соблюдаться основные требования. Эту функцию стали выполнять гармонизированные

стандарты, в которых содержатся детальные указания относительно практических методов выполнения как основных (директивных) требований, так и технических требования к продукту.

Для полной реализации принципа свободного обращения товаров «Новый подход» был дополнен гармонизацией процедур оценки соответствия, получившей название «Глобального подхода». Гармонизированные стандарты разработаны европейскими органами по стандартизации (CEN, CENELEC, ETSI) и их применение добровольно. Изложение гармонизированных стандартов осуществляется одинаково во всех странах – членах ЕС. Действие Директив «Старого похода» распространяется на 30% продукции, 25% товаров подпадает под национальные нормы стран-членов ЕС. Около 20% товаров, которые оборачиваются на рынке ЕС, подпадают под область применения Директив «Нового подхода». К настоящему времени созданы более 20 европейских Директив «Нового похода» и 3072 гармонизированных стандарта. Каждая Директива сопровождается конкретным списком гармонизированных стандартов. Особенности технического регулирования к процедурам подтверждения соответствия по европейским подходам в полном объеме представлено в таблице.

Таблица – Европейские подходы к процедурам подтверждения соответствия

Подход	Особенности к техническому регулированию
«Старый подход»	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Директивы были очень детализированные и технически сложные; 2 – Был использован отраслевой подход к директивам; 3 – Разработка директив была очень долговременной.
«Новый подход»	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Директивы содержит лишь основные технические требования, обеспечивающие безопасность продукции (при этом выполнение требований директив является обязательным); 2 – Имеется список стандартов, в сфере действия каждой директивы, в том числе гармонизированных стандартов (согласованных всеми странами ЕС, наименование которых опубликовано в официальном журнале); 3 – Презумпция соответствия, заключающаяся в том, что выполнение требований гармонизированных стандартов обеспечивает выполнение требований соответствующих директив (при этом применение стандартов остается добровольным).
«Глобальный подход»	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Единые правила оценки соответствия; 2 – Доверие благодаря компетентности и признанию результатов работ.

Разработчики политики «Глобального похода» определяют орган по оценке соответствия как «глобальный зонтик», который накрывает все связанные с этой деятельностью органы. Органы по оценке соответствия, назначенные согласно директивам ЕС на основе «глобального похода», известны как «нотифицированные органы».

Работа выполнена под руководством доцента Ивченко А. В.

АНАЛІЗ ПРОЕКТУ СТАНДАРТУ ISO 9001:2015 ТА ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВИХ ВИМОГ ЦЬОГО СТАНДАРТУ

Сущенко Н. В., аспірант; Князева А. М., магістрант

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) продовжує свою діяльність щодо актуалізації вже існуючих міжнародних стандартів. На цей час світ чекає на публікацію оновленої версії міжнародного стандарту ISO 9001, яка запланована на кінець 2015 року.

Цей міжнародний стандарт привернув увагу до себе ще з часів виходу першої версії у 1987 році. З того часу ISO 9001, за інформацією Міжнародної організації зі стандартизації, є одним з найбільш відомих стандартів ISO, з більш ніж 1,1 мільйонів сертифікатів по всьому світу. Українські організації, що тримають західноєвропейський вектор розвитку також активно підтримують тенденцію сертифікації систем управління якістю (СУК) на відповідність вимог стандарту ISO 9001. Адже наявність такого сертифікату є суттєвим підґрунтям для виходу на нові ринки, де якість – пріоритет номер один.

Увага до стандарту ISO 9001 збільшується з кожним роком, що є чинником зростання вимог щодо його актуальності та можливості інтеграції з іншими системами управління. У зв'язку з цим технічним комітетом ISO/TC 176 у травні 2013 року було розроблено проект нової, п'ятої версії стандарту ISO 9001, що встановлює вимоги до систем управління якістю організацій будь-якого типу. Більше року нова версія стандарту ретельно обговорювалася в Міжнародній організації зі стандартизації. Результатом цих обговорень став проект міжнародного стандарту ISO 9001, що з'явився в липні 2014 року.

Нова версія зазнала значних змін у порівнянні з попередньою версією 2008 року, починаючи від зміни структури стандарту та закінчуючи безпосередньо вимогами. Однак, ключовими змінами, що привернули увагу більшості, можна назвати вимоги щодо оцінки ризиків, а також підхід, заснований на управлінні ризиками при проектуванні та розроблянні системи управління. Пункт 6.1 нової версії стандарту ISO 9001 стосується дій з реагування на ризики та можливості. Організація повинна визначити ризики та можливості, які здатні вплинути на систему управління якістю та результати роботи організації. Також потрібно створити план реагування на ризики та можливості.

Таким чином, можна зробити висновок, що зміни яких зазнала нова версія ISO 9001, перш за все, направлені на зниження ризику отримання продукції невідповідної якості. Для відповідності вимогам оновленого стандарту ISO 9001 організаціям необхідно офіційно застосувати процесний підхід в рамках своїх систем управління та встановити процес для зниження ризиків.

Робота виконана під керівництвом доцента Івченко О.В.

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ЗАГАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОДУКЦІЇ

Тарасенко О. О., магістрант; Івченко О. В., доцент

Стандартизація повинна адаптуватися до вимог інновації та вирішувати проблеми, які постають з розвитком глобалізації, еволюцією технологій та нових економічних тенденцій розвитку світового ринку.

Приклад законодавства країн членів ЄС у сфері технічного регулювання свідчить про запровадження так званого «Нового підходу» – стандартизуються вимоги, які вважаються достатніми для досягнення цілей громадського інтересу (безпека, здоров'я, захист екології тощо).

В той же час, одним з найсуттєвіших обов'язкових вимог цього законодавства є проведення оцінки ризиків, яку повинен виконати виробник продукції для її експорту та розміщення на ринку Європейського Союзу. Аналіз і оцінка ризиків – невід'ємна частина Технічного файлу на продукцію, який зобов'язаний скласти виробник та/або його уповноважений представник до оцінки відповідності, CE маркування та розміщення продукції на ринку ЄС.

Наявність Технічного файлу є однією з неодмінних умов для визнання відповідності продукції суттєвим вимогам безпеки (Essential Safety Requirements, ESR), наведених в Директивах та Регламенті ЄС. Тільки в разі дотримання Essential Safety Requirements виробник має право видавати ЄС Декларацію відповідності та наносити CE маркування (CE mark).

Вибір з усього різноманіття методів оцінки ризиків (HAZID, HAZOP, FTA, FMEA, ETA, LOPA, CBA, MCDA і ін.), правильне застосування методів з урахуванням їх придатності і обмежень для ідентифікації, аналізу та порівняльної оцінки ризиків – досить складні процедури.

Оскільки дуже складно прийняти закони ЄС та України стосовно кожного виробу, який існує чи може бути розроблений та існує потреба у широкомасштабній, горизонтальній за природою законодавчій системі, яка б стосувалась цієї продукції і заповнила б прогалини в існуючому чи майбутньому спеціальному законодавстві, зокрема, з метою забезпечення високого рівня охорони безпеки і здоров'я людей, то постає науково-прикладна проблема стосовно визначення загальних вимог до безпеки будь-якого виробу, розміщеного на ринку, який призначений для використання чи може бути використаний споживачами в будь-якому розумно передбачуваному випадку, навіть якщо він і не призначався для споживачів.

Метою роботи є підвищення захисту прав споживачів шляхом не допущення продукції, що може становити ризик для безпеки і здоров'я людей до реалізації на основі розробки рекомендацій стосовно застосування методів оцінювання ризику загальної безпеки цієї продукції.

МЕТОДОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОПОДІБНИХ СТРУКТУР ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

Федоришин О. В., студент; Денисенко Ю. О., асистент

Сучасні напрямки розвитку машинобудування характеризуються розширенням номенклатури продукції у відповідності до швидкоплинних потреб споживачів, інформатизацією та інтелектуалізацією технологій, зростанням вимог до точності та достовірності методів оцінювання якості промислової продукції для забезпечення її конкурентоспроможності на світовому ринку. Це обумовлює необхідність вдосконалення існуючих та створення нових методів оцінювання та прогнозування якості продукції на основі використання сучасних інформаційних технологій, зокрема систем збирання, опрацювання й ефективного використання техніко-економічної інформації про властивості виробів.

У роботах І. В. Бестужева-Лади, В. В. Глуценка, В. Г. Гмошинського, Г. М. Доброва, М. Ф. Замятіної, А. І. Клебанова, В. О. Лисичкіна та ін. показано, що сучасна методологія прогнозування якості промислової продукції базується на евристичних і фактографічних методах, а її розвиток здійснюється в напрямку застосування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень та адаптивних методів нейромережного моделювання. Використання цих систем і методів дозволяє отримати достовірні багатокритеріальні прогнозні оцінки показників якості та конкурентоспроможності продукції, проте недостатнє нормативне забезпечення та відсутність ефективного інструментарію перешкоджає їх впровадженню та широкому практичному застосуванню в умовах промислового виробництва.

Метою даної роботи є наукове обґрунтування ефективності використання нейромережного моделювання для інформаційної підтримки прийняття рішень при управлінні виробничими процесами.

Для реалізації інтелектуальної системи прогнозування обрано нейромережову парадигму, а саме, багатосаровий перцептрон Розенблатта. Нейромережа з даною топологією використовується для вирішення ряду прикладних задач типу Data Mining, крім того, можливе використання оптимально конфігурованої нейромережі для оцінювання станів об'єкта, що досліджується. Програмну реалізацію інтелектуальної системи здійснено в середовищі MATLAB з використанням спеціалізованого пакету для проєктування штучних нейронних мереж NeuroNetToolbox.

Таким чином, використання запропонованого підходу дозволяє підвищити ефективність процесів прийняття рішень за допомогою застосування нейромережного моделювання, а також вирізняти інформацію від даних, виявляти закономірності, схожість у розподілі, тощо.

Робота виконана під керівництвом професора Дядюри К. О.

НОРМАЛІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Федченко С. В., магістрант; Денисенко Ю. О., асистент

У сучасному машинобудуванні України вкрай необхідне вдосконалення управління якістю процесів виробництва, а також продукції, що виробляється та просувається на ринок. Також важливо враховувати прагнення України до вступу у Європейський Союз, де встановлені достатньо жорсткі вимоги щодо якості та безпеки продукції. Тому застосування сучасних механізмів управління якістю продукції, у наш час, є дуже важливим критерієм для конкурентоспроможності.

Дуже важливою є правильна оцінка процесів управління якістю. Саме тому була створена теоретична основа вимірювання якості. Для підвищення якості є досвід застосування різноманітних методів кваліметрії, а також імітаційне моделювання, нейромережі, марківські лнцюги та ін. Більшість із методів управління якістю пов'язані з оцінюванням техніко-економічних показників, а також показників якості, таких як: показники надійності, технологічності, естетичності, безпеки, екологічності та ін.

Проблемою оцінювання показників є їх різноманітність та різнорідність. Пояснюється це тим, що вони визначаються та розраховуються різними методами та мають різну розмірність. В наш час не існує єдиного загального методу розрахунку та представлення показників якості. Так, наприклад, деякі показники знаходяться в межах діапазону та мають визначене значення, а деякі визначаються лише за допомогою експертних методів. Особливо різнорідність показників ускладнює застосування інформаційних технологій.

Отже, для правильної оцінки показників якості та отримання обґрунтованих результатів, необхідно привести їх до єдиної нормалізованої шкали, яку доцільно розробляти, використовуючи теорію нечітких множин. Цей метод передбачає такі основні етапи: виділення параметрів; визначення лінгвістичних їх оцінок; формулювання нечіткої інформаційної бази про взаємозв'язки між параметрами; отримання нечіткого логічного результату про вплив вхідних параметрів та перетворення його в чітке значення.

Таким чином в роботі запропоновано застосування методів нечіткої логіки для нормалізації показників якості на машинобудівному підприємстві. Із застосуванням запропонованого підходу стає можливою розробка універсальної шкали нормалізації неоднорідних показників, що дозволить проводити оперативний аналіз якості продукції, яка виробляється, а також надає можливість використання єдиного інформаційного простору: вихідних даних для нечіткого опису та результатів візуалізації у вигляді діаграм та таблиць даних.

ОСОБЕННОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ISO 31000 И ISO 27005 В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

*Янченко В. Н., аспирант; Опрыско О. Б., магистрант;
Ивченко А. В., доцент*

Любое фундаментальное техническое или технологическое новшество, предоставляя возможности для решения одних социальных проблем и открывая широкие перспективы для развития личности и общества, всегда вызывает обострение старых или порождает новые, ранее неизвестные проблемы, становится источником новых потенциальных опасностей.

Без должного внимания к вопросам обеспечения безопасности, последствия перехода общества к новым технологиям могут быть катастрофическими для него и его граждан.

Применяемые в настоящее время большинством организаций меры не обеспечивают необходимого уровня безопасности субъектов, участвующих в процессе информационного взаимодействия, и не способны в необходимой степени противостоять разного рода воздействиям с целью доступа к критичной информации и дезорганизации работы автоматизированных систем.

Актуальность проблемы защиты информационных технологий в современных условиях определяется следующими основными факторами:

- обострением противоречий между объективно существующими потребностями общества в расширении свободного обмена информацией и чрезмерными или наоборот недостаточными ограничениями на ее распространение и использование;

- расширением сферы использования ЭВМ, многообразием и повсеместным распространением информационно-управляющих систем, высокими темпами увеличения парка средств вычислительной техники и связи;

- повышением уровня доверия к автоматизированным системам управления и обработки информации, использованием их в критических областях деятельности;

- вовлечением в процесс информационного взаимодействия все большего числа людей и организаций, резким возрастанием их информационных потребностей, наличием интенсивного обмена информацией между участниками этого процесса;

- концентрацией больших объемов информации различного назначения и принадлежности на электронных носителях;

- количественным и качественным совершенствованием способов доступа пользователей к информационным ресурсам;

- отношением к информации, как к товару, переходом к рыночным отношениям в области предоставления информационных услуг с присущей им конкуренцией и промышленным шпионажем;

- многообразием видов угроз и возникновением новых возможных каналов несанкционированного доступа к информации;
- ростом числа квалифицированных пользователей вычислительной техники и возможностей по созданию ими нежелательных программно-математических воздействий на системы обработки информации;
- увеличением потерь (ущерба) от уничтожения, фальсификации, разглашения или незаконного тиражирования информации (возрастанием уязвимости различных затрагиваемых субъектов);
- развитием рыночных отношений (в области разработки, поставки, обслуживания вычислительной техники, разработки программных средств, в том числе средств защиты).

Проанализировав все вышесказанное, приходим к выводу, что угрозы информационной безопасности являются реальными и последствия могут быть очень серьезными. Для того чтобы защитить информацию эффективно, необходимо иметь возможность выбирать наиболее подходящие меры безопасности. Это может быть достигнуто путем определения основных рисков информации в системе, а затем внедрения соответствующих мер защиты.

С этой целью были разработаны международные стандарты (МС) ISO 27001 и ISO 31000. В МС ISO 31000 показан общий процесс управления рисками для всех секторов. Стандарт содержит рекомендации о том, как организовать управление рисками в организациях – он не сосредоточен исключительно на рисках информационной безопасности; он может быть использован для различных типов рисков, включая непрерывность бизнеса, рынок, валюта, кредитных, операционных и других.

В свою очередь, МС ISO 27001 является стандартом, который описывает, как компания должна организовать свою информационную безопасность – она основана на принципах управления рисками, а это означает, что компания должна выбрать гарантии (контроля безопасности), только если есть неприемлемо риски, которые должны быть обработаны.

ISO 27001 является как большой процесс управления рисками для крытой области: информационной безопасности. Если же есть необходимость пойти глубже в управлении информационными рисками, можно использовать 27005.

И так, чтобы выполнить управление рисками в области информационной безопасности, необходимо адаптировать 31000. Это цель, роль и борьба ISO 27005.

Таким образом, оба рассмотренных стандарта не содержат методологии обеспечения безопасности, содержат лишь требования (являются лишь описанием «что делать» для выполнения процесса управления рисками, в общей или в конкретной области информационной безопасности), но не объясняют «как реализовать» данные требования.

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ І ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НИЗЬКОЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ 20ГЛ

Іващенко Є. С., магістрант; Говорун Т. П., доцент

Низьколеговані конструкційні сталі – найпоширеніші в даний час у промисловості, залізничному транспорті й будівництві матеріали. Сталь 20ГЛ є одним із широкоживаних матеріалів для виготовлення машин і конструкцій, що працюють як при звичайних умовах, так і при низьких температурах - корпусних деталей нафтових магістральних і підпірних насосів й при виготовленні компресорів. Матеріал таких виробів повинен забезпечувати необхідну міцність у поєднанні з високою в'язкістю і пластичністю, мати малу чутливість до концентраторів напружень і низьку схильність до крихкого руйнування.

Механічні властивості і працездатність сталей залежить від багатьох факторів: типу кристалічної ґратки, розміру зерна і стану його меж, вмісту легуючих компонентів, домішок, форми і розміру неметалічних включень. При виборі таких матеріалів необхідно враховувати специфічні умови роботи конструкції, забезпечення її надійності і ресурсу, вимоги економічності матеріалів, пов'язані з зменшенням вмісту нікелю і інших дорогих легуючих елементів, необхідність уніфікації матеріалів і скорочення кількості застосовуваних марок сталі.

Відставання виробів вітчизняного машинобудування від світового рівня за показниками металоємності, надійності і довговічності значною мірою є наслідком виготовлення відповідальних вузлів машин з вуглецевих сталей. Тому актуального значення набуває удосконалення методів формування фізико-механічних властивостей сталевого лиття із низьковуглецевих і низьколегованих сталей шляхом модифікування або мікролегування при отриманні матеріалу, вибору найбільш економічної і прогресивної термічної, хіміко-термічної або термоциклічної обробки.

Питання доцільності модифікування та мікролегування сталевого лиття пов'язано з розвитком технології позапічної обробки сталей, що включає в себе присадку в рідкий метал в ковші, або на розливанні модифікуючих добавок. При використанні модифікаторів типу SiCaBa, SiCaBaPЗМ, SiCaBaTi відзначено значне поліпшення рідкоплинності сталі 20ГЛ, що проявилось в скороченні часу заливки однієї форми приблизно на 20%. Менша забрудненість модифікованого металу є причиною отримання більш високих пластичних властивостей, в першу чергу, ударної в'язкості при звичайних і знижених температурах випробувань.

Значне поліпшення механічних, особливо пластичних властивостей, і підвищення холодостійкості виливків отримано також при модифікуванні сталі 20ГЛ шляхом істотного зниження сірки у новоотриманому з печі металі

в середньому на 25% за рахунок застосування модифікаторів, що містять РЗМ.

Позитивні аспекти застосування технології модифікування та мікролегування з метою поліпшення якісних показників сталі 20ГЛ наступні: обробка розплаву модифікаторами призводить до істотного подрібнення литої і термообробленої структури відливок (за рахунок зміни параметрів кристалізації - підвищення її швидкості, зменшення зони трансристалізації та ін.); використання модифікаторів послаблює розвиток ліквацийних явищ, підвищуючи тим самим рівномірність розподілу в литві вуглецю, сірки, фосфору, домішок кольорових металів, що особливо важливо при виробництві великих виливків; зниження забрудненості сталі неметалевими включеннями, зміна їх складу і властивостей забезпечують модифікованому металу підвищену корозійну стійкість в агресивних сірководородовмістних середовищах і тим самим значно подовжують термін служби магістральних нафтопроводів; переводячи домішки кольорових металів з легкоплавкого стану в досить тугоплавкі сполуки, модифікування послаблює їх негативний вплив на гарячу пластичність литого металу, знижує його тріщиночутливість та ін.; зміна модифікаторів - ефективний засіб ослаблення відпускнуї крихкості термообробленого металу.

Актуальними нині є проблеми підвищення надійності і довговічності машин й устаткування, економії дефіцитних сплавів, вирішення яких може бути пов'язане зі зміцненням поверхневих шарів виробів. Для сталі 20ГЛ проведення цементації при температурі 930 °С у твердому карбюризаторі з наступним гартуванням при температурі 780 °С і низьким відпуском при - 200 °С призводить до збільшення твердості при високому значенні в'язкості, підвищення ударно-абразивної зносостійкості більше, ніж в 6 разів.

Одним з ефективних способів зміни структури і властивостей сплавів є термоциклічна обробка (ТЦО), що проводиться шляхом багатократних фазових і структурних перетворень в результаті повторних циклів нагрівання і охолодження. Це призводить до утворення максимально дрібнозернистої структури, яка дозволяє одержання виробів з унікальними властивостями - одночасною підвищеною міцністю, в'язкістю та пластичністю.

Використання ТЦО у вигляді багаторазової нормалізації (до 5 циклів) в сталі 20ГЛ збільшує до 30% кількість ультрадисперсного зернистого бейніту, що забезпечує значне підвищення комплексу механічних властивостей порівняно з мінімальними значеннями для нормалізованих сталей: межі міцності до 720-750 МПа (замість 540 МПа), межі текучості до 560-600 МПа (замість 275-320 МПа), відносного подовження до 40% (замість 18%), відносного звуження до 70% (замість 25%), ударної в'язкості КСУ₆₀ до 90-100 Дж/см² (замість 49,1 Дж/см² при +20°С).

Для покращення властивостей низьколегованої сталі 20ГЛ також використовують комплексний вплив мікролегування, модифікування і термічної обробки.

ЗМІЦНЕННЯ БОЙКА РАДІАЛЬНО-КУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Третьак С. А., магістрант; Любич О. Й., доцент

Найважливішою ланкою технологічного ланцюга виготовлення і експлуатація машин і механізмів є процес виготовлення деталей, якість яких багато в чому визначається довговічністю бойків радіально-кувальних машин. При виготовленні поковок майбутніх деталей з якісних і легованих сталей бойки радіально-кувальних машин працюють в екстремальних умовах ударно-абразивного зношування, що викликає їх швидкий вихід з ладу. При роботі радіально-кувальної машини найбільше зношування має її бойок, так як він працює в умовах великих ударних навантажень і абразивного зношування [1-5].

Для виготовлення бойків радіально-кувальних машин використовують різні марки штампових сталей. Сталі, які використовуються для штампів, призначених для деформування метал в нагрітому вигляді, повинні мати високі механічні властивості (міцність і в'язкість) при підвищених температурах і володіти окалиностійкістю і розгаростійкістю, тобто здатністю витримувати багаторазові нагрівання та охолодження без появи розгарних тріщин. Крім того, сталі повинні мати високу зносостійкість і теплопровідність для промислового відведення теплоти, що передається обробленою заготівкою [1-3]. Для виготовлення бойків радіально-кувальних машин використовують сталі 5ХНМ, 5ХНВ, 4ХЗВМФ, 4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С і т.д. [6].

На даний момент на виробництві застосовується така технологія виготовлення бойка радіально-кувальних машин. Для виготовлення деталі спочатку її відливають в ливарні пісчані форми зі сталі 5ХНВ, а потім після проведення механічної обробки виконують зміцнення поверхні шляхом ручного наплавлення електродами ОЗШ-6, гартування з подальшим відпуском. При роботі таким чином виготовленого бойка він швидко втрачає свою працездатність.

Нами запропонований наступний режим виготовлення бойка. Матеріал – сталь 5ХНМ. Бойок поміщують в піч для проведення термообробки (відпал), нагрівають до температури 600-650°C, витримують при цій температурі 3 години і охолоджують з піччю. Після чого деталь витягують з печі і виконують процес механічної обробки і поверхневого зміцнення наплавленням порошковим дротом марки ПП-Нп-35Х6М2. Після наплавочного процесу проводять гартування бойка з нагріванням до температури 830-860°C з витримкою при цій температурі біля 1,6 години. Для попередження виникнення тріщин в самому бойку і в наплавленому металі його охолоджують на повітрі, а потім занурюють в масло для подальшого швидкого охолодження. В результаті такої термічної обробки в

основному і наплавленому металі утворюється мартенситна структура яка має велику зносостійкість з твердістю основного металу біля 40 HRC, а наплавленого біля 50 HRC. Мікроструктура після високого відпуску в основному металі бойка сорбіт з включенням троститу, а в наплавленому металі трооститна структура з вмістом сорбіту. Контроль твердості наплавленого металу здійснювали на приборі ПМТ-3, зносостійкість – на машині Х4Б. Твердість вимірювали на виготовленому мікрошліфі, вирізаному зі зразка в місці з'єднання наплавленого металу з основним. Встановлено, що наплавлена поверхня зразка має найвищу твердість 53 HRC, а при просуванні вглиб твердість зменшується до 44 HRC, що свідчить про м'яку і в'язку структуру, яка добре витримує динамічні навантаження.

Крім цих випробувань проводили випробування на зношуваність наплавленого металу запропонованою порошковою проволокою ПП-Нп-35Х6М2, а також електродами ОЗШ-6 і ПП-АН-135, що широко використовуються в промисловості для наплавлення, в порівнянні із сталю 5ХНМ. Аналіз зносостійкості матеріалів показав, що наплавлений метал порошковим дротом ПП-Пн-35Х6М2, а також електродами ОЗШ-6 і порошковою проволокою ПП-АН-135 в порівнянні із сталю 5ХНМ мають значно вищі показники зносостійкості в порівнянні з основним металом. Встановлено, що найвищу зносостійкість має метал наплавлений порошковим дротом ПП-Пн-35Х6М2 і складає 1,48 відносно сталі 5ХНМ.

Список литературы

1. Володин А. М. Первые промышленные четырехбойковые ковочные блоки дляковки сталей и сплавов на гидравлических ковочных прессах / А. М. Володин, В. А. Лазоркин // Черные металлы. – 2008. - № 2. – С. 14-19.
2. Володин А. М. Радиальная ковка слитков в четырехбойковых ковочных устройствах на гидравлических ковочных прессах - основа для создания новых автоматизированных ковочных комплексов / А. М. Володин, В. Б. Лазоркин, А. С. Богдановский // КШП. ОМД. – 2005. - № 10. - С. 36-39.
3. Gonzalez J. R., David P. F., Gordon J., Llanos J. M. Fem simulation of the new radial forging device process at Sidenor. Proc. 17th IFM 2008, November, 3-7. Santander, Spain. P. 237-243.
4. Мельников Ю. В. Экспериментальное исследование итоговых деформаций в поковке, полученной четырехсторонней радиальной ковкой с дополнительными макросдвигами / Ю. В. Мельников // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2004. - № 2. – С. 75-78.
5. Лазоркин В. Б. Качество поковок, изготавливаемых радиальной ковкой на гидравлическом ковочном прессе / В. Б. Лазоркин, Р. В. Яценко, Ю. В. Мельников // КШП. ОМД. – 2005. - №5. – С. 8-11.
6. Гуляев А. П. Материаловедение / А. П. Гуляев: - М.: Металлургия, 1978. – 650 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОРОШКОВИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВУЗЛАХ ТЕРТЯ

Демченко М. В., студент

Порошкова металургія – отримання напівфабрикатів та виробів з порошоків формуванням порошоків з наступним спіканням при температурі, меншій за температуру плавлення основного компоненту.

Порошкова металургія дозволяє створювати композиційні матеріали з унікальними властивостями (зокрема антифрикційними), у тому числі з компонентів, які неможливо поєднати іншими способами. Вони застосовуються для виготовлення антифрикційних матеріалів – матеріалів, що мають низький коефіцієнт тертя і застосовуються для виготовлення деталей, що працюють в умовах тертя ковзання.

Одними з найбільш поширених антифрикційних матеріалів є матеріали на основі міді, що мають високу теплопровідність і корозійну стійкість. До них відносяться пористі бронзи, бронзографіт, мідь-графіт та ін. На основі заліза також виготовляється велика кількість антифрикційних матеріалів – залізографіт, пористе залізо, просочене мастилом, свинцем або легкоплавкими сплавами на основі Cu, Sn, Pb. За рахунок введення різних присадок вони можуть застосовуватися в умовах високих навантажень і температур, в агресивних середовищах.

Для роботи в особливо важких умовах виготовляють антифрикційні матеріали на основі Ni, Co і тугоплавких металів.

Достатньо універсальними у застосуванні є двошарові антифрикційні матеріали, які зазвичай виготовляють зі сталевий стрічки з нанесеним на неї шаром пористої бронзи, просоченої бабітом, сплавами на основі Cu і Al, фторопластом або мастилом.

Методи порошкової металургії економічно ефективні (при масовому виробництві), що важливо за умови високої конкуренції на ринку. Використовуючи для отримання порошоків відходи металообробки і технологічно зводячи до мінімуму механічну обробку деталей, можна зменшити витрати металу, що важливо при використанні металів високої вартості. Порошкова металургія також значно спрощує і здешевлює обробку тугоплавких металів.

Антифрикційні матеріали, отримані з порошоків, використовуються для виготовлення підшипників, вкладишів, напрямних, струмозміначів, шарнірів, поршневих кілець тощо. Пористі підшипники здатні тривалий час працювати без обслуговування завдяки ефекту самозмащування. Оскільки в перспективі кількість роботизованих виробничих ліній і комплексів буде збільшуватися, самозмащувальні матеріали стають високоактуальною темою для наукових досліджень.

Робота виконана під керівництвом доцента Гапонової О. П.

ВПЛИВ УМОВ ФОРМУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПТФЕ

Вишегородцева М. Є., студент; Будник А. Ф., доцент

Вуглефторопластові композити мають потенційно широкий діапазон досяжних експлуатаційних властивостей, що забезпечуються використанням різних технологічних прийомів отримання наповнювача і композиції (дизайном технології) [1]. Особливе місце в цьому ряді належить технології формування композиції в заготівку, яка за допомогою компатибілізації забезпечує необхідну структуру і властивості вуглефторопластового композиту [2]. Інші технологічні операції (дроблення ВВ, змішення ВВ наповнювача з матрицею ПТФЕ, спікання заготівки) отримання КМ також можуть чинити вплив на зміну технологічних властивостей КМ [3].

Мета роботи - вивчення процесів формування структури композиту при синтезі фаз композиції та створення вуглефторопластових композитів з мінімальним вологопоглинанням і високим рівнем фізико - механічних і триботехнічних властивостей.

Об'єкт дослідження – вуглефторопластові композити з мінімальним вологопоглинанням і високими експлуатаційними властивостями.

Методи дослідження – стандартні методи сучасних досліджень матеріалів і технологій.

Досліджено вплив технологічних методів формування композиції з метою підвищення конструкційної стійкості майбутнього композиту. В якості показників конструкційної стійкості для вуглекомпозитів на основі фторопласту - 4 (ПТФЕ) з наповнювачем у вигляді вуглецевого волокна (ВВ), прийняті міцність при стисканні, інтенсивність зношування і вологопоглинання. Ці показники властивостей займають провідне місце в забезпеченні працездатності вузлів тертя насосів і компресорів. Їх варіюванням, як показано в роботі, можна досягти на технологічних стадіях формування композиції у виріб, отримання матеріалу композиту з мінімально можливим вологопоглинанням і достатніми для конструкційної міцності механічними характеристиками.

Проведені дослідження показали, що оптимальними режимами формування заготівки з вуглеволоконистої фторопластової композиції за фізико - механічними і триботехнічними характеристиками є:

- тиск пресування 60 МПа;
- час витримки пресування під тиском - 10 хвилин;
- швидкість пресування заготівки - 5 - 7 см/хв.

При таких режимах отримуємо заготівку з мінімальним (0,7 %) вологопоглинанням і високими показниками експлуатаційних властивостей (межа міцності при стисканні і інтенсивність зношування) – $I \cdot 10^{-7} = 1,18 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$, $\sigma_{\text{ст}} = 31 \text{ МПа}$.

За розробленою технологією отриманий вуглекомполімер на основі ПТФЕ, який використаний для виробництва ущільнюючих елементів насосу ЦНВ-200/50 «ТРИЗ» ЛТД, м. Суми, Україна.

Список літератури

1. Томас А. А. Технология углеволокнистого фторопластового композита с пониженным влагопоглощением и износом / А. А. Томас, А. Ф. Будник, М. В. Бурмистр // Композитные материалы, МНТС. – 2010. - № 2. - Том 4. –С. 18 - 21.
2. Технологія отримання вуглецеволокнистого фторопластового композиту та його вологовбирання і властивості / А. Ф. Будник, А. О. Томас, П. В. Руденко, О. А. Будник, А. А. Ільїних // Восточно - Европейский журнал передовых технологий. – 2008. - № 4/6(34). – С. 24 – 26.
3. Будник О. А. Технологические особенности получения углеволокнистого наполнителя фторопластового композита / О. А. Будник, М. В. Бурмистр // Вопросы химии и химической технологии. – 2009. - № 4. – С. 80 - 85.

КОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ПТФЕ, ОТРИМАНІ МЕТОДОМ МЕХАНІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ

*Берладір Х. В., аспірант; Чугай К. О., магістрант;
Будник А. Ф., доцент*

Актуальність досліджень по створенню нових полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) антифрикційного призначення на основі політетрафторетилену (ПТФЕ) обумовлена різноманітністю експлуатаційних вимог, що пред'являються до матеріалів, і унікальністю властивостей полімерної матриці. Завдання формування комплексу експлуатаційних характеристик ПКМ вирішується методами структурної модифікації полімерної матриці композиційних матеріалів і вимагає дослідження цих процесів на всіх рівнях структурної організації: молекулярний, надмолекулярний і меж фазний [1].

Одним з перспективних методів структурної модифікації є метод модифікації за рахунок механохімічних і термомеханічних процесів при підготовці матриці композиту [1, 2].

Мета роботи - створення полімерних композитів триботехнічного призначення з поліпшеним комплексом властивостей на основі модифікованого матричного політетрафторетилену з наповнювачами.

Об'єкт дослідження – модифікуючий вплив механохімічної активації ПТФЕ та наповнювачів на структуру та фізико-хімічні властивості матриці ПТФЕ композиту.

Методи дослідження – оптичні та електронно-мікроскопічні дослідження мікроструктури модифікованого ПТФЕ, механічні випробування властивостей композиту.

У ході проведення досліджень і виконання науково-дослідної роботи встановлено, що вплив зовнішніх сил на ненаповнений ПТФЕ призводить до підвищення параметрів його деформаційно-міцнісних характеристик (міцності при розриві в 2,6 рази, відносного подовження при розриві в 4,3 рази) при збереженні високих триботехнічних показників. Це, очевидно, пов'язано з утворенням нових реакційних центрів і збільшенням поверхневої енергії окремих фрагментів макромолекул в результаті дії пружних і пластичних деформацій. В ході процесу активації енергія, яка передається змішувальним органом матеріалу при ударній дії, витрачається не тільки на перерозподіл часток в об'ємі полімеру, але і на збільшення питомої поверхні (диспергування матеріалу), а, більшою мірою, на збільшення внутрішньої енергії полімеру-матриці.

Надмолекулярна структура ПТФЕ при механічній активації зазнає істотних змін - з ламелярної неупорядкованої в структуру з вищою впорядкованістю аж до сферолітної. Полімер з такою структурою має більш високу зносостійкість, що підтверджено експериментально.

Найкращі показники має активований ПТФЕ при $n = 9000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин: міцність при розриві $\sigma_p = 24,8 \text{ МПа}$, відносне подовження $\delta = 415 \%$, інтенсивність зношування $I = 610 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$. У неактивованого ПТФЕ $\sigma_p = 9,5 \text{ МПа}$, $\delta = 96 \%$, $I = 1133 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ [3].

Підвищення зносостійкості ПТФЕ в ході механоактивації пов'язано із зменшенням ступеня кристалічності і збільшенням середньої міжшарової відстані в процесі фрикційної взаємодії. Проведені дослідження відкривають можливість використання активованого ПТФЕ як матриці фторполімерних композитів для отримання композитного матеріалу вузлів тертя машин і устаткування різного призначення.

Список літератури

1. Влияние механической активации политетрафторэтиленовой матрицы на ее физико-химические и эксплуатационные свойства / О. А. Будник, В. А. Свидерский, К. В. Берладир, А. Ф. Будник, П. В. Руденко // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». - 2014. - № 4. - С. 10-17.
2. Машков, Ю.К. Структура и износостойкость модифицированного политетрафторэтилена / Ю. К. Машков, Л. Ф. Калистратова, З. Н. Овчар. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 1998. - 144 с.
3. Підвищення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей триботехнічних ПТФЕ композитів методами механічної активації / О. А. Будник, Х. В. Берладир, А. Ф. Будник, П. В. Руденко // Проблеми тертя та зношування. – 2014. – № 4 (65). – С. 130-135.

ВИВЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕГУЛЬОВАНИХ ПРОЦЕСІВ АЗОТУВАННЯ

Руденко Л. Ф., старший викладач; Остапенко Ю. В., студент

Недоліками звичайного процесу газового азотування є велика тривалість технологічного циклу (до 60-80 годин), некерованість процесу, низька якість дифузійного шару і відсутність оптимізації властивостей азотованого шару деталей з різних марок сталі. Процес азотування не регулюється по азотному потенціалу атмосфери, що не дозволяє урізноманітнити властивості дифузійного покриття відповідно до експлуатаційних вимог до виробів і інтенсифікувати швидкість насичення. У той же час відомо, що саме потенціал насичуючого елемента (у нашому випадку азоту) на оброблюваній поверхні визначається в результаті швидкість процесу і властивості дифузійного шару.

Для проведення регульованого процесу азотування необхідні експлуатаційні, енергетичні та кінетичні передумови процесу азотування.

Вивчення таких і впровадження їх на практиці, є метою даної роботи перш за все необхідно правильно вибрати варіант регульованого процесу азотування.

Забезпечення експлуатаційних характеристик досягається отриманням нітридних поверхневих зон з максимальною пластичністю (Fe_3N , Fe_4N , $\text{Fe}_{2,3}$ (NC)). Саме іонне азотування низько- і середньовуглецевих сталей в режимі катодного розпилення при тиску 39-65 Па в атмосфері 10% -ного аміаку і 90% аргону дозволяє отримати глибокі дифузійні шари без крихкої ξ -фази (Fe_2N).

Інтенсифікація процесу досягається підтримкою високої активності атмосфери при отриманні нітридних зон на рівні граничної розчинності азоту в ϵ - і γ -нітриду, при отриманні зон внутрішнього азотування - на рівні граничної розчинності азоту в α - (γ) - твердому розчині. Найбільш активна інтенсифікація досягається при проведенні азотування в сильних електростатичних полях (в тліючому і іскровому розряді) за рахунок іонного бомбардування поверхні деталі (катода) позитивними іонами (азоту, аміаку). Іонне азотування 1,5-2 рази інтенсивніше, ніж при звичайному пічному нагріванні.

При регулюванні азотного потенціалу атмосфери аміаку на рівні граничної розчинності азоту в твердому розчині в 1,5-1,8 рази збільшується швидкість росту дифузійного підшару в порівнянні зі стандартним азотуванням в аміаку зі ступенем дисоціації $\alpha=30\%$.

ВПЛИВ ТИТАНОАЛІТУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ НІКЕЛЯ

Голубовська Г. А., магістрант; Харченко Н. А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми; Хижняк В. Г., професор, Дацюк О. Е., пров. фахівець, НТУУ «КПІ», м. Київ

Відомі способи нанесення дифузійних покриттів для захисту деталей виготовлених із нікеля. Недоліком дифузійних покриттів є їх низька опірність корозії через обмежений склад елементів в покритті. Не останнє місце в сучасній науці присвячено розробці оптимального способу захисту виробів на нікелевій основі. Слід зазначити, що науково-технічна інформація, щодо хіміко-термічної обробки нікелю та його сплавів обмежена. Однак існують роботи з хромоалітування нікелевих сплавів циркуляційним методом [1]. Крім того є розробки з дослідження впливу об'ємного та поверхневого модифікування бором і цирконієм та алюмінатом кобальту відповідно на структуру та властивості нікелевих сплавів [2].

Однак, гідну конкуренцію цим технологічно складним процесам може скласти запропонований інноваційний метод металізації - титаноалітування.

Покриття на нікель наносили в контейнерах з плавким затвором, в суміші порошків титана, алюмінію, оксиду алюмінію та хлористого амонію [3]. Титаноалітування проводили при температурі 1050 °С впродовж 4 г. Зразки з покриттями були досліджені рентгеноструктурним, мікрорентгеноспектральним, металографічним та дюрOMETричним методами. Встановлено, що титаноалітовані покриття на нікелі складаються з двох шарів. Зовнішній – це зона сполук Al_2O_3 і Ni_2Ti_4O , внутрішній- інтерметаліди Ni_2AlTi , $NiTi$ та Ni_3Al . Далі розташований шар $NiTi$. Загальна товщина покриття становить 4,0 – 7,0 мкм. Максимальна мікротвердість шару перехідної зони, з найбільшим вмістом кисню - 1,5 ГПа. В зоні сполук мікротвердість шарів $TiNi$ – 8,0 – 9,1 ГПа.

Таким чином, багатокомпонентні покриття титану та алюмінію на нікелі за складом, будовою, властивостями можуть бути перспективними при експлуатації в умовах дії високих температур, агресивних середовищ, жорстких умов зношування. Захисні властивості жаростійких матеріалів визначаються формуванням на поверхні при високих температурах щільних оксидних плівок з високою адгезією.

Список літератури

1. Бахрунов К. К. Анализ свойств хромоалитированных покрытий на никелевых жаропрочных сплавах / К. К. Бахрунов // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1/1. – С. 28–31.
2. Лысенко Н. А. Структура и свойства сплава ЖСЗЛ С-В и раздичных вариантов выплавки и модифицирования / Н. А. Лысенко, А. А. Педаш, А. Г. Коломоййев // Вестник двигателестроения. – 2005. – № 3. – С. 144-149.
3. Хижняк В. Г. Вплив покриття TiN на насичення титаном та алюмінієм сталі 12X18H10T / В. Г. Хижняк, М. В. Аршук, Т. В. Лоскутова, І. І. Білик // Металознавство та обробка металів. – 2011. – №2. – С. 27-31.

ПРОГРЕСИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ НОЖІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ НА БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС

Колонтаєва Є. С., магістрант; Говорун Т. П., доцент

При сучасному розвитку науки і техніки актуальним завданням є підвищення якості, надійності, економічності і продуктивності машин, інструменту, обладнання та інших виробів машинобудування, зниження їх питомої матеріалоемності та енергоспоживання. Досягається це насамперед застосуванням матеріалів і прогресивних зміцнюючих технологій, що дозволяють підвищити міцність, зносостійкість, корозійну стійкість та інші фізико-механічні властивості деталей машин і інструменту.

На даний час виникла необхідність не тільки перекачувати рідини з різними твердими включеннями, але при цьому і подрібнювати ці включення до заданого розміру. Завданням дослідження є необхідність створення так званих насосів-подрібнювачів. Так і з'явилися заглиблені насоси, що можуть використовуватися при виготовленні біогазу та добрив на біоенергетичних комплексах.

Як відомо, ресурс роботи багатьох відповідальних вузлів обмежується передчасним зношуванням або руйнуванням деталей в результаті розвитку пошкодження поверхні, що отримав назву «фретинг-корозія» і виникає на контактуючих поверхнях при відносному коливальному русі. Незважаючи на те, що відносне переміщення поверхонь може бути дуже малим, проте воно є достатнім для виникнення фретинг-корозії, коли значно погіршується якість поверхонь деталей, а це може призвести до того, що вироби втрачають конструктивні розміри і допуски. Також це може істотно знизити втомну міцність деталей, внаслідок появи глибоких каверн, які є концентраторами напружень. На ділянках поверхонь, пошкоджених фретинг-корозією протікають наступні основні процеси: схоплювання, абразивне руйнування й втомні процеси, що супроводжуються окисненням. Залежно від умов навантаження, властивостей матеріалів і складу середовища один з названих вище процесів може переважати та має істотний вплив на довговічність роботи деталі, а також привести до виходу з ладу машин і механізмів.

Одним з найважливіших факторів, що визначають опір металевих сплавів зношуванню, є їх структурний стан, а також властивості, взаємне розташування, кількісне співвідношення і характер зв'язку окремих складових структури. Прагнення металознавців до збільшення ступеня дисперсності структурних складових для поліпшення механічних властивостей сплавів при одночасному високому опорі зношуванню набуває дуже великого значення.

Для виготовлення ножів для подрібнення сировини на біоенергетичний комплекс найчастіше використовують інструментальні сталі (9ХС, ХВГ) та сталі леговані хромом (20Х13, 65Х13, 95Х18).

Від правильного вибору матеріалу для кожного виду деталей і відповідного режиму його термічної обробки залежать працездатність, міцність, і збереження розмірів робочих частин насосів. Тому при виборі матеріалу враховуються такі характеристики: висока твердість, зносостійкість, висока в'язкість, висока корозійна стійкість. Вибраний для дослідження матеріал ножів 95X18 - є нержавіючою хромистою сталлю та найбільше відповідає необхідним вимогам.

Одним з ефективних способів зміни структури та властивостей матеріалів є термоциклічна обробка (ТЦО). За рахунок інтенсифікації процесів дифузії, фазових і структурних перетворень вона дозволяє скоротити тривалість термічної обробки, поліпшити весь комплекс механічних властивостей, а значить - надійність деталей машин. Проведення термічної обробки з використанням ТЦО призводить до утворення дрібнозернистої структури з підвищенням міцності, пластичності та в'язкості.

Традиційна термічна обробка сталі 95X18 полягає в наступному – відпал при температурі 750 – 800 °С; гартування з попереднім підігрівом до 850 – 860 °С, витримка при цій температурі, потім нагрівання до 1000-1070 °С витримка, охолодження в масло; обробка холодом при температурі – 70-80 °С; низький відпуск при температурі 150-160 °С. Після проведеної термічної обробки отримаємо твердість 56-57 HRC. Для отримання потрібної твердості мартенситу і більшого розчинення карбідів потребується збільшення температури гартування, що призводить до росту зерна в сталі.

При термоциклічній обробці проводять 2 – 4 прискорених нагрівів при температурі 980 – 1040 °С. Подальше охолодження сприяє підвищенню твердості та створенню дрібнозернистої дисперсної структури. Пропонований режим термічної обробки з ТЦО сталі 95X18 такий: відпал при температурі 750 – 800 °С; гартування з попереднім підігрівом до 850 – 860 °С, витримка при цій температурі, потім нагрівання до 980-1040 °С витримка і охолодження до 550 – 600 °С - проводимо три цикли таких нагрівань і охолоджень, останнє охолодження в масло; обробка холодом при температурі – 70-80 °С; низький відпуск при температурі 150-160 °С. Після проведеної термічної обробки отримаємо твердість 58-60 HRC.

Враховуючи вище зазначені вимоги термоциклічна обробка є одним з ефективніших способів зміни структури та властивостей матеріалів. За рахунок інтенсифікації процесів дифузії, фазових і структурних перетворень вона дозволяє скоротити тривалість термічної обробки, поліпшити весь комплекс механічних властивостей, а значить - надійність деталей машин. Після проведення термічної обробки з використанням ТЦО утворюється дрібнозерниста структура, завдяки якій підвищується міцність, в'язкість та пластичність матеріалу.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФРЕЗЫ

*Сметанин Р. С, Коротич А. С, Мартынов А. И., студенты;
Говорунов Т. П., доцент*

Качество режущего инструмента характеризуется его надежностью. Стойкость режущего инструмента – это способность длительное время работать между двумя переточками. Чем больше будет это время, тем выше качество такого инструмента.

Цилиндрическая фреза – тело вращения с режущими зубьями на поверхности, которые воздействуют при обработке на деталь. Главную работу резания выполняют режущие кромки, расположенные на наружной поверхности. В условиях повышенных температур, высоких скоростей резания твердых материалов эти кромки изнашиваются достаточно быстро. В зависимости от назначения, режимов резания и конструктивного исполнения фрезы могут изготавливать из инструментальных легированных сталей (9ХС, ХВГ), но в основном, из быстрорежущих сталей P9, P12, P6M5, P9K5, P18K5Ф2, P9Ф5, P9K10, P6M5K5, P18K5Ф2, а также оснащают пластинками твердых сплавов.

Работоспособность режущего инструмента во многом определяется условиями контактного взаимодействия на его рабочих поверхностях. В связи с этим большое внимание уделяется методам поверхностного упрочнения режущих кромок цилиндрической фрезы, с целью повышения прочности, износостойкости, коррозионной стойкости, сопротивления хрупкому разрушению, выносливости и других механических и эксплуатационных характеристик.

Для улучшения свойств режущего инструмента в последнее время широкое применение нашли покрытия с кристаллической структурой из химически инертных и тугоплавких соединений, таких как карбид титана, нитрид титана, оксид алюминия.

Простейшие однослойные PVD (Physical Vapor Deposition) или КИВ (конденсация с ионной бомбардировкой) покрытия TiN сейчас применяются для метчиков и быстрорежущих фрез средней производительности, используемых для обработки простых материалов на низких скоростях. Однослойное покрытие TiCN используется для быстрорежущих и твердосплавных фрез общего назначения. Оно обладает высокой абразивной износостойкостью. Однако сейчас повсеместно вытесняется еще более производительным покрытием со структурой титан-алюминий нитрид TiAlN.

Покрытия PVD обладают хорошей адгезией, не влияют на прочность основного инструментального материала и даже создают благоприятные сжимающие напряжения в поверхностном слое.

В условиях высоких нагрузок на режущую кромку, большие преимущества при производстве режущего инструмента обеспечивают наноструктурированные покрытия. Ультрадисперсные материалы с увеличенной площадью межзеренных границ имеют достаточно хорошее соотношение между твердостью, оказывающей определяющее положительное влияние на износостойкость, и прочностными характеристиками материала, в том числе и в условиях действия циклических термомеханических напряжений.

Наибольшее распространение из наноструктурированных покрытий для нанесения на режущие кромки фрез получили покрытия (Ti, Al)N, где нанослои нитридов титана и алюминия постоянно меняются местами, создавая градиент концентрации составных элементов. Такие покрытия называют наногradientными.

Разработанные наноструктурированные многослойные композиции Ti-TiCO и Ti-TiN-TiNCO-TiCO, имеющие мелкодисперсную структуру, высокие твердость и износостойкость, низкий коэффициент трения, весьма перспективны в качестве упрочняющих покрытий на металло- и деревообрабатывающем инструменте. Наиболее благоприятное сочетание микротвердости и прочности сцепления с инструментальной основой способствует повышению работоспособности режущего инструмента с покрытием.

Одним из направлений совершенствования покрытий PVD является создание комбинаций структур позволяющих использовать концевой и размерный инструмент для работы без смазочно-охлаждающей жидкости.

Принципиально отличными от вышеописанных, но также относящихся к классу PVD, являются покрытия DLC (Diamond Like Coatings). Получаемые при этом углеродные нано пленки близки по свойствам к алмазу. Такие покрытия обладают очень высокой, превосходящей до 50 раз другие типы покрытий абразивной износостойкостью. К сожалению, их температурная стабильность и стойкость к окислению ограничены величиной 300 °С, что недостаточно для большинства случаев металлообработки, за исключением резания алюминия и силумина. Но, благодаря своей абразивной стойкости покрытия, DLC показывают хорошие результаты при обработке резанием различных композиционных материалов на основе стекло- и угленаполненных пластиков, находящих все более широкое применение в технике.

Создание покрытий нового поколения для упрочнения инструмента и деталей машин наиболее эффективно осуществлять с использованием концепции многослойных наноструктурированных композиций различного состава и многофункционального назначения. Это позволяет повысить работоспособность режущих и обрабатывающих инструментов за счет увеличения износостойкости, надежности и производительности и является одним из главных факторов повышения эффективности в целом всего производства.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ АУСТЕНІТНО-МАРТЕНСИТНОГО КЛАСУ

Супрун О. В., магістрант; Дядюра К. О., професор

Корозійностійкі і жаростійкі сталі на основі заліза та нікелю – один із найважливіших класів спеціальних конструкційних матеріалів. Дослідження механічних та корозійних властивостей показали можливість їх успішного застосування в різних галузях промисловості: хімічної, теплової і атомної енергетики, целюлозно-паперової, нафтогазодобувної, медичної, суднобудівної, автомобільної, харчової, побутової техніки, промисловому та цивільному будівництві і т.д. Перспективними для використання в високоміцному стані є хромонікелеві корозійностійкі сталі перехідного аустенітно-мартенситного класу.

Підвищена міцність сталей аустенітно-мартенситного класу досягається відповідним хімічним складом. Вміст вуглецю зазвичай обмежують 0,10 % для доброї зварюваності, 13-14 % Cr, 4-6 % Ni, та до 5 % Mo, сталь може містити і інші карбідотвірні елементи. Міцність сталі також може досягатись термічною обробкою, що забезпечує початок мартенситного перетворення при 20...60 °С. Не дивлячись на наявність в складі великої кількості легувальних елементів, ці сталі володіють такою ж низькою межею плинності, як і маловуглецеві сталі [1]. Це пояснюється тим, що зі збільшенням вмісту в нержавіючих сталях аустенітотвірних легувальних елементів, відбувається подавлення евтектоїдного розпаду $\gamma \rightarrow \alpha$ і температура мартенситного перетворення знижується до від'ємних температур, а сталь із мартенситного класу переходить в аустенітний. При цьому різко падає межа плинності, але зростає пластичність і в'язкість сталі [2, 3], підвищуються корозійна стійкість, жаростійкість та жароміцність.

Механічні і фізичні властивості цих сталей залежать від кількості аустеніту, перетвореного в мартенсит, і процесів, пов'язаних з утворенням інтерметалідних, карбідних та інших проміжних фаз, які додатково впливають на зміцнення [3].

Найпоширенішими шляхами підвищення міцності сталей аустенітно-мартенситного класу є комплексне легування, управління мартенситним перетворенням шляхом пластичної деформації, термоцикуванням, термомеханічною обробкою, а також застосування термічного або деформаційного старіння після гартування [1, 3].

Основними факторами, які впливають на довговічність і надійність деталей із сталей даного типу, є вміст і відношення часток мартенситу і аустеніту в структурі, а також тип, об'ємна частка і характер розподілу надлишкових фаз переважно в мартенситній матриці. Кількість мартенситу в аустенітно-мартенситних сталях можна регулювати зміною температури нагрівання при гартуванні і обробкою холодом, швидкістю охолодження, а також зміною інших технологічних параметрів. Вміст легувальних елементів

в сталях цього типу впливає значною мірою на процес перетворення $\gamma \rightarrow M$ і повинно знаходитися в достатньо вузьких межах, що витікає з діаграм залежності властивостей міцності від легування і термічної обробки [3].

Вимоги високої в'язкості і корозійної стійкості обумовлюють необхідність легування високоміцних корозійностійких сталей 13-14% Cr і 4-6% Ni, а також 15,-2,5% Mo [4].

Термічна обробка є інструментом, який дозволяє ефективно вплинути на структуру аустенітно-мартенситних сталей. Високі властивості міцності сталі утворюються в результаті спеціальних режимів термічної обробки, таких як: гартування з 1130 ± 10 °C на повітрі, обробка холодом (ОХ) -70 °C, при витримці 2 години, відпускання при 480 °C – 3 години й охолодження на повітрі, така термічна обробка забезпечує стабілізацію аустеніту та повне розчинення карбідів; гартування з температури 1130 ± 10 °C на повітрі, повторне гартування з 800 °C для дестабілізації аустенітної структури, а також ОХ -70 °C та старіння при 450-500 °C, при такій обробці структура сталі містить біля 70% мартенситу; тощо [2-4].

Після гартування з температури, достатньої для розчинності карбідів, структура сталі перехідного класу в основному аустенітна, хоча в залежності від марки сталі та умов заданих при виплавці, сталь може містити деяку кількість мартенситу.

Аустенітно–мартенситні сталі широко застосовуються при виготовленні легких високоміцних конструкцій авіаційної техніки, які працюють при звичайних атмосферних умовах і при підвищених температурах, для обшивання надзвукових літаків і других літальних апаратів, а також в інших конструкціях [3].

Висновки: в ході роботи було визначені способи зміцнення сталей перехідного класу для забезпечення підвищених механічних та фізичних властивостей спеціальних аустенітно-мартенситних сталей, вплив легувальних елементів та термічної обробки на формування структури.

Список літератури

1. Шапиро М. Б. Новые коррозионностойкие стали повышенной прочности / М.Б. Шапиро // МиТОМ. – 1977. – №10. - С. 45-49.
2. Потак Я. М. Высокопрочные стали / Я. М. Потак. – М.: Металлургия, 1972. – 208 с.
3. Химушин Ф. Ф. Нержавеющие стали / Ф.Ф. Химушин. – Издание второе переработанное и дополненное. – М. : Металлургия, 1967. – 800 с.
4. Гуляев А. П. Мартенситное превращение, механические свойства и структура нержавеющей сталей аустенитно-мартенситного класса // МиТОМ. – 1960. - №8. – С/ 3-9.
5. Вознесенская Н. М. Высокопрочные коррозионностойкие стали аустенитно-мартенситного класса / Н. М. Вознесенская, Е. Н. Каблов, А. Ф. Петраков // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2002. – №7. - С. 55-64.

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ АУСТЕНІТНО-МАРТЕНСИТНОГО КЛАСУ ТИПУ ВНЛ-6

Супрун О. В., магістрант; Гапонова О. П., доцент

Підвищення надійності роботи важконавантажених деталей і вузлів, що стикаються з вологою або морською атмосферою, або у виробках типу бак-конструкцій, досягається, насамперед, застосуванням корозійностійких сталей, які володіють підвищеною міцністю, надійністю і більш високою стійкістю при роботі в умовах кавітаційного або гідроабразивного зносу [1]. Перспективними сплавами цього призначення є сталі аустенітно-мартенситного класу, зокрема 03X13H5M5K9 (ВНЛ-6). Використання сталі ВНЛ-6 дозволяє підвищити ресурс роботи виробів у 2-3 рази.

Підвищення міцності аустенітно-мартенситних корозійностійких сталей – важлива технічна й економічна задача. Одним із методів підвищення міцності є її термічна обробка.

Згідно ОСТ 1 90090-76 класичною термічною обробкою для сталі ВНЛ-6 є гартування з 1130 ± 10 °С на повітрі, обробка холодом (ОХ) -70 °С, при витримці 2 години; відпускання при 480 °С – 3 години й охолодження на повітрі. Дослідження мікроструктури сталей після такої термічної обробки показало, що їх основною структурною складовою є крупногольчатий мартенсит із залишковим аустенітом у вигляді острівців (рис. 1).

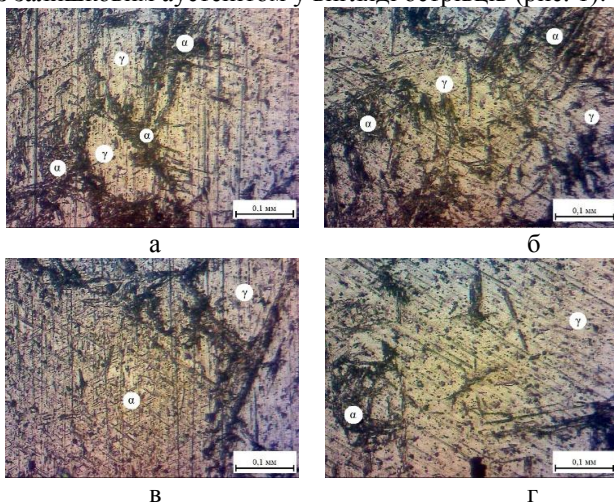


Рисунок 1 – Структура сталі ВНЛ-6 після гартування з 1130 °С, обробки холодом -70 °С і відпускання при 480 °С

Слід зазначити відносну неоднорідність мартенситу за величиною і розподілом. Спостерігається велика різноманітність форм, розмірів і місць розташування мартенситних ділянок.

Згідно рис. 1 в мартенситі можна виявити мартенсит наступних морфологічних типів:

1-й тип – відносно крупні виділення голкоподібної форми однієї або декількох орієнтувань (рис. 1 а, б). Ці виділення в структурі розподілені нерівномірно;

2-й тип – дуже дисперсні голкоподібні виділення, які розподілені в структурі також нерівномірно, але вони орієнтовані за визначеним кристалографічним напрямленням (рис. 1 в, г).

Властивості, отримані після такої термічної обробки не задовольняють вимогам конструкції. Тому нами проведені дослідження впливу режимів термічної обробки на структуру та механічні властивості сталі. В табл. 1 подані результати досліджень.

Таблиця 1 – Механічні властивості ВНЛ-6 після гартування від 1130°C (охол. повітря), обробки холодом та відпускання при різних температурах

<i>№ n/n</i>	<i>Вид термічної обробки</i>	<i>Твердість, HRC</i>	<i>Ударна в'язкість, KCU, кгс·м/см²</i>
1	- обробка холодом при -70, 2 год., - відпускання при 480°C, 3 год,	26-27	6,3-10,1
2	- обробка холодом при -55, 4 год., - відпускання при 380°C, 2 год,	20-23, 32	8,1-9,5
3	- обробка холодом при -55, 4 год., - відпускання при 380°C, 2 год,	34	7,6-8,8
4	- обробка холодом при -70, 2 год., - відпускання при 380°C, 2 год,	36-39	6,9-7,4
5	- обробка холодом при -70, 2 год., - відпускання при 380°C, 3 год,	31-33	8,3-11,4

Данні досліджень показали, що найбільшу твердість отримуємо після термічної обробки за режимами 4 та 5. В зразках 1 та 3 дуже низька твердість, що не відповідає вимогам до виробу, в зразку 2 спостерігається відмінність значень твердості, що може вказувати на неоднорідність мікроструктури, про що свідчать данні металографічного аналізу.

Отримані результати дозволяють припустити можливість подальшого підвищення міцності сталі за рахунок термічної обробки. Розробка нових режимів попередньої та остаточної термічної обробки дозволить отримати однорідну дрібнозернисту мікроструктуру з рівномірним розподілом проміжних фаз.

Список літератури

1. Дегтярев А. Ф. Исследование свойств новых высокопрочных кавитационно-стойких сталей мартенситно-аустенитного класса для рабочих колес гидротурбин / А. Ф. Дегтярев, В. Н. Скоробогатых, Ю. В. Чечин // Насосы. Турбины. Системы. – 2014. – №3 (12). С. 44-50.

РЕЖИМ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ СКЛАДНОЇ ФОРМИ З ПОРОШКОВОГО МІДНО-ТИТАНОВОГО МАТЕРІАЛУ

Шостак М. М., магістрант; Гапонова О. П., доцент

У теперішніх умовах створення конкурентоздатної продукції машинобудування України пов'язане з удосконаленням технологій, що дозволяють отримати вироби високої якості при мінімальних витратах. У зв'язку з цим зростає роль ресурсозберігаючих технологій обробки тиском.

Обробка тиском порошкових заготовок дозволяє отримати деталі вузлів тертя, які за фізико-механічними та експлуатаційними властивостями не поступаються компактним, виготовленим за традиційними технологіями.

На машинобудівних підприємствах у вузлах тертя компресорних установок застосовують широку номенклатуру деталей, зокрема, втулки для підшипників ковзання. Для їх виготовлення використовують бронзу марки Бр ОЦС4-4-4.

За технологією, що застосовується на заводах, зазначені втулки виготовляють із прутка механічною обробкою на металорізальних верстатах. Застосування обробки різанням призводить до значної трудомісткості і втрат металу в стружку. Тому на підставі теоретичних даних розроблена технологія виготовлення деталі «втулка з буртом» обробкою тиском порошкових заготовок з матеріалу на основі міді з вмістом титану 2%.

Порошкові мідно-титанові матеріали з вмістом титану 2% володіють високими характеристиками міцності (межа міцності $\sigma_b=320-350$ МПа, твердість НВ 120-150), зносостійкістю, достатньо високою теплопровідністю [1], самозмащуваністю та іншими важливими властивостями, які необхідні для роботи у вузлах тертя.

Застосування термомеханічних режимів зміцнення дозволяє отримати дрібнозернисту структуру і підвищити за рахунок цього фізико-механічні та експлуатаційні властивості.

Технологія виготовлення втулки з фланцем включає операції: холодне пресування заготовки пористістю 15%, спікання і штампування в два етапи: на першому етапі деформація здійснюється при температурі 100°C до відносної щільності 0,97-0,98; на другому етапі - видавлювання тіла втулки при температурі 600°C.

Спікання спресованих заготовок проводили за ступінчастим режимом в середовищі генераторного газу. При температурі 920±5°C заготовки витримували в печі протягом 3 годин. У результаті об'ємної і лінійної усадки пористість заготовок склала 13%.

Схема штампування з видавлюванням є найбільш раціональною. Підвищенню пластичності матеріалу сприяє схема напружено-деформованого стану близька до всебічного стискання [2].

Штампування при 100°C призначена для більшого ущільнення пористої заготовки та для зниження зміцнення заготовки, отриманої холодним

пресуванням. Формоутворення фланця виконується при температурі 600°C та супроводжується зменшенням за рахунок динамічної рекристалізації, при якій формується однорідна дрібнозерниста структура з подрібненими частками титану.

Далі заготовки піддавали токарній обробці для отримання фасок. Застосування обробки тиском порошкової заготовки з подальшим калібруванням дозволяє практично виключити операції точіння, шліфування й отримати розміри і шорсткість поверхні, регламентовані кресленням деталі (рис. 1).

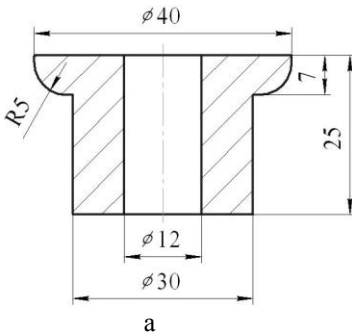


Рисунок 1 – Заготовка деталі «втулка з буртом» після штампування:
а – креслення, б – фотографія

Контроль виробів після видавлювання тіла втулки при 600°C показав відсутність макродефектів. Отримані деталі характеризуються високою міцністю і антифрикційними властивостями, рівнощільністю, причому відмінність щільності вихідної і фланцевої частини деталі не перевищує 1%.

Таким чином, розроблена технологія виготовлення деталі «втулка з буртом» обробкою тиском порошкових заготовок з матеріалу на основі міді з вмістом титану 2% призводить до значної економії втрат металу та дає можливість отримати високі фізико-механічні та експлуатаційні властивості деталі.

Список літератури

1. Рябичева Л. А. Взаимосвязь параметров пластического деформирования и структурообразования в порошковых пористых телах / Л. А. Рябичева, О. П. Гапонова // Обработка материалов давлением: Сб. науч. тр. – Краматорск: 2009. – №1 (20). – С. 193-198.

2. Пат. 48505 Україна, МПК В 22 F3/24 Спосіб виготовлення виробів з порошкових мідно-титанових матеріалів / Рябичева Л. О., Гапонова О. П., Никитін Ю. М.; заявник та патентовласник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. - №200908434; заявл. 10.08.2009; опубл. 25.03.2010, Бюл. №6.

АЗОТ ЯК ЛЕГУВАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МЕТАСТАБІЛЬНИХ ФАЗ У ВИСОКОЛЕГОВАНИХ СПЛАВАХ

Левковець К. О., магістрант; Марченко С. В., доцент

Досить надійними і широкоживаними абразивостійкими матеріалами є білі чавуни, які легують Cr, Mn, B, Ni, W, V, Si, інколи Ti в обмежених кількостях.

Використання легувальних елементів для надання таким сплавам особливих властивостей обмежено умовною дефіцитністю та високою вартістю більшості з них. Титан (у вигляді феротитану) та азот доступні і досить дешеві, проте технологія їх введення та пропорції вмісту в сплавах є недостатньо вивченими. Тому створення нових недорогих матеріалів з підвищеними експлуатаційними властивостями є актуальним завданням в сучасній промисловості [1].

Приклади використання азоту для легування і мікролегування залізовуглецевих сплавів та чавунів є відомими. Для певних сталей азот використовується у якості нітридоутворювального елементу для регулювання низки властивостей. Так наявність твердої дисперсної нітридної фази сприяє подрібненню зерна і дисперсного зміцнення металу, що призводить до підвищення механічних властивостей сталі: збільшується ударна в'язкість і зносостійкість.

Азот, володіючи меншим атомарним радіусом, ніж вуглець, здатен утворювати твердий розчин з залізом, проте ця розчинність, більша за розчинність вуглецю, зі зниженням температури також зменшується. Підвищити і стабілізувати її здатен, зокрема, титан, що вводиться як легувальний елемент.

За даними авторів [2,3] азот дозволяє отримати аустеніт, що може як деформаційно зміцнюватись шляхом наклепу, так і (або) утворювати метастабільні фази.

Таким чином, суто використання азоту не дозволить отримати високоефективний залізовуглецевий сплав, бо високі показники абразивостійкості можливі лише при комплексному зміцненні: за рахунок наклепування матриці сплаву (аустеніту або метастабільного аустеніту), так і шляхом утворення надлишкових дисперсних фаз, що важливі при абразивному зношуванні.

Титан поміж інших елементів є порівняльно недорогим елементом, що може утворювати сполуки високої твердості, зокрема з азотом, вуглецем. Використання титану як легувального елементу обмежується його високою термодинамічною активністю до кисню. Сумісне легування чавуну азотом та титаном дає можливість отримати зростання опірності абразивному зношуванню шляхом впливу як на матрицю сплаву, так і на зміцнювальну фазу. Утворюються комплексні сполуки з титаном, та підвищується стійкість аустеніту, що якісно відтворюється на стійкості сплаву. При цьому

використання недорогих розповсюджені вальних компонентів дозволяє спав віднести до економно легованого.

В роботі нами досліджується вплив азоту на структуроутворення білого легованого титаном чавуну.

Спосіб отримання сплаву з підвищеним вмістом титану та азоту – електродугове переплавлення. Як компоненти шихти, що забезпечують отримання металу потрібного складу, обирали розповсюджені хімічні речовини:

графіт електродний ЕУТ (ГОСТ-1702281),
феротитан ФТi30 (ГОСТ 4761-91),
феромарганець ФМn10 (ГОСТ 4755-91),
феросиліцій ФСК15(ГОСТ 1415-93),
карбамід (ГОСТ 6691-77),
залізний порошок ПЖВ2 (ГОСТ 9849-86).
Межі, в яких проводяться дослідження:

Відсотковий склад	Елемент
3...7%	Ti
1%	Si,
1%	Mn
3,5%	C
0,04 ...0,4 %	N

Очікувана структура повинна містити легований азотом і титаном аустеніт, що здатен при навантаженні, в тому числі від абразивного зношування, перетворюватись на мартенсит деформації або на наклепаний аустеніт, та зміцнювальну фазу - карбонітрид титану.

Передбачається доведення ефективності використання азоту не тільки як утворювача високо твердої надлишкової фази (нітридів, карбонітридів титану, а й як стабілізатора аустеніту), що в комплексі приведе до створення високоефективного абразивостійкого легованого титаном азоту білого чавуну.

Список літератури

1. Марченко С. В. Выбор легирующих элементов для износостойкой наплавки / С. В. Марченко // Вісник СумДУ, серія «Технічні науки». – 2000. - №15. – С.110-112
2. Малінов Л. С. Економнолеговані сплави з метастабільним аустенітом / Л. С. Малінов // Збірка матеріалів XII Міжнародної науково-технічної конференції (Запоріжжя, 6–8 жовтня 2010 р.). - 2010. – с.15.
3. Пат. № 82443 Україна, МПК С22С 38/38. Зносостійка сталь / М. М. Бриков; заявл.30.11.2006; опубл. 10.04.2008, Бюл. №7 - 3 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АБРАЗИВНОГО КОРОЗІЙНО–АКТИВНОГО СЕРЕДОВИЩА НА МАТЕРІАЛИ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Кабашиний П. В., магістрант

Гідроабразивне зношування полягає в руйнуванні контактуючих поверхонь металу абразивними частинками, що знаходяться в рідкому середовищі і переміщуються з цим середовищем.

Корозійний вплив – це процес руйнування металів під впливом середовища, яка виникає в результаті хімічних реакцій між ними, що протікає на поверхні металу.

При одночасній дії абразивних частинок і корозії в металі відбувається процес гідроабразивного зношування, що пришвидшується в наслідок хімічного і механічного видалення захисних плівок на поверхні металу. Це є актуальною проблемою, зокрема при розробці проточної частини насосів, які працюють з вапняною сумішшю при переробці цукру.

Для випробування зразків різних матеріалів на абразивне зношування, використовували такі методи дослідження: а) метод випробування матеріалів на зносостійкість при терті об нежорстко закріплені абразивні частинки, б) випробування на абразивне зношування за допомогою гумового колеса і сухого піску, в) метод випробування на зношування за схемою вологий пісок – гумове колесо.

Стійкість до одночасної дії абразивного та корозійного середовища можна підвищити використавши наплавлений метал, до складу якого входять карбідо-, нітридо-, карбонітридоутворювальні елементи (Ті, W, V, Мо, Сг та інші), та елементи що легують твердий розчин для підвищення його корозійної стійкості. Також можна використати неметали, такі як хімічно стійкі еластомери.

Матеріали, що обрано для випробувань – це сталь 20Х13, чавун легований хромом, титаном, поліуретан, наплавлені сплави на основі білого чавуну, легованого титаном, азотом.

Дуже цінним матеріалом для обладнання, працюючого в умовах впливу корозійних середовищ, при підвищених температурах і в умовах сильного зношування є хромисті чавуни марок Х28Л і Х34Л та крем'яністі чавуни (феросіліди).

Очікувану найвищу зносостійкість при корозійному впливі і при гідроабразивному зношуванні має легований високохромистий чавун типу ЧХ28.

Робота виконана під керівництвом доцента Марченка С. В.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ АУСТЕНІТНОГО КЛАСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ, ЩО ПЕРЕКАЧУЄ РАДІОАКТИВНУ РІДИНУ

Філенко А. С., студентка; Гапонова О. П., доцент

Відцентрований насос марки АХН Q/Н – це вид обладнання, що відповідає за перекачування рідини і створення напору за допомогою обертання робочого колеса, в результаті чого діють відцентрові сили. Вали – одне з найбільш вразливих місць насосів. Він зазнає радіоактивного впливу, дія якого складається з порушення кристалічної ґратки металу при пружних зіткненнях с ядрами атомів важких металів і при термічному перетворенні, що призводить до зміни ряду властивостей: зниження пластичності та зростанню опору пластичній деформації, росту електропровідності, прискоренню процесів дифузії, ініціюванню фазових перетворень в сталі тощо.

Під впливом радіаційних середовищ проходить зміна напружено-деформованого стану навантажених елементів конструкцій, прискорення корозійних, втомних та інших процесів, що впливають на надійність та довговічність виробів. Конструкційні матеріали під дією опромінення зазнають структурних перетворень, що чинять негативний вплив на фізико-механічні властивості, і можуть призвести до передчасного виходу з ладу деталей та конструкцій. З усіх видів опромінення найбільш сильний вплив чинить нейтронне опромінення. При опроміненні потоками частинок у матеріалах утворюються структурні пошкодження, що називаються радіаційними дефектами. Частинки й випромінювання можуть призводити до хімічних і ядерних реакцій у матеріалі тіл, а також появи в структурі матеріалів самих бомбардувальних частинок, що викликає появу домішок у матеріалі та є другою причиною виникнення радіаційних дефектів. Тому вивчення поведінки металічних сплавів при радіаційному опроміненні є актуальною задачею.

Нами досліджено вплив зміцнювальної обробки на радіаційну стійкість сталей аустенітного класу типу 12Х18Н10Т. Були використані такі методи дослідження: вимірювання твердості на твердомірах Роквелла та Віккерса, макро- та мікроаналіз структури металу, дослідження корозійної стійкості та стандартні методи дослідження фізичних та механічних властивостей.

Для підвищення експлуатаційних характеристик та корозійної стійкості деталі вал насосу обрана оптимальна термічна обробка: стабілізуючий відпал, аустенізація та прокатка роликками. Стабілізуючий відпал проводять з метою зняття напружень, що виникають на поверхні деталей при механічній обробці, забезпечує стабільну структуру. Аустенізація є ефективним засобом попередження міжкристалічної корозії і надання сталі оптимального поєднання механічних і корозійних властивостей. В результаті ХПД міцність загартованої аустенітної сталі підвищується до 1200-1300 МПа, але при цьому знижується пластичність. ХПД покращує радіаційну стійкість та втомну міцність сталі для виготовлення валу відцентрового насосу.

ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФРЕЗИ

Мут А. В., студент; Руденко П. В., асистент

Фрезерування є одним із високопродуктивних і широко поширених методів обробки заготовок різанням. Робота проводиться багатозубими ріжучими інструментами – фрезами. Особливістю фрезерування є уривчастість процесу різання. Це обумовлено тим, що при обертанні фрези кожен зуб вривається в заготовку з ударом, а потім працює тільки на деякій частині обороту і виходить із зони різання. При подальшому русі зуб не торкається заготовки, що сприяє його охолодженню і обумовлює більш сприятливі умови для роботи.

Нами був обраний такий процес термічної обробки і методу зміцнення інструменту фрези із сталі Р6М5:

- 1) Попередня термічна обробка: ізотермічний відпал - 6 годин;
- 2) Остаточна термічна обробка: гартування з двома підігрівками - 0,75 год.; відпуск – 1 год. 20 хв;
- 3) Хіміко-термічна обробка: низькотемпературне ціанування - 3-3,5 год.

Запропонована остаточна термообробка (рис. 1) сприяє зменшенню кількості залишкового аустеніту в сталі і збільшує зносостійкість інструменту в 2,5-4 рази.

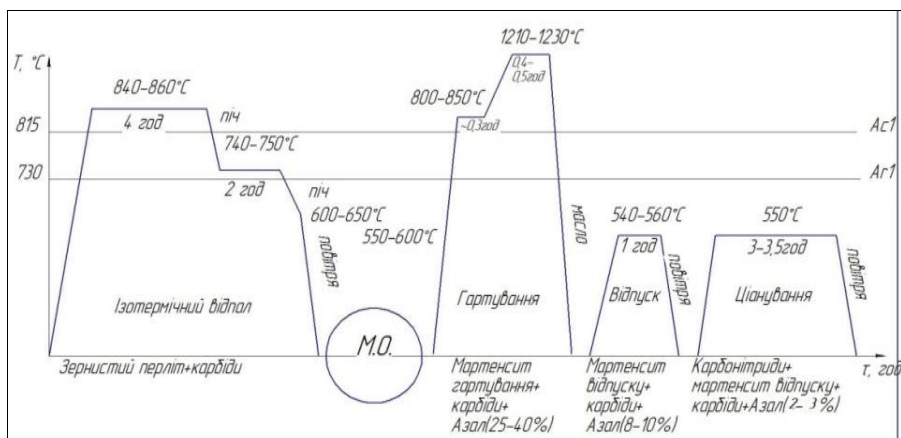


Рисунок 1 – Графік режиму термічної обробки і зміцнення циліндричної фрези із сталі Р6М5

Перевага ізотермічного відпалу полягає в зменшенні тривалості процесу, особливо для легованих сталей, які доводиться дуже повільно охолоджувати для необхідного зниження твердості. Для найбільшого

прискорення відпалу температуру ізотермічної витримки вибирають близькою до температури мінімальної стійкості переохолодженого аустеніту в перлітній області. Інша перевага ізотермічного відпалу полягає в отриманні більш однорідної структури, так як при ізотермічній витримці температура по перетину виробу вирівнюється і перетворення по всьому об'єму сталі відбувається при однаковому ступені переохолодження.

Згідно з технічними вимогами для отримання на поверхні деталі твердості 62-64 HRC і для надання сталі теплостійкості інструменті піддають гартуванню і відпуску. Температура гартування сталі Р6М5 1210-1230°C. Високі температури гартування необхідні для можливо більш повного розчинення другорядних карбідів і отримання високолегованого хромом, вольфрамом і ванадієм аустеніту. Це забезпечує отримання після гартування мартенситу, який володіє високою стійкістю проти відпуску, тобто теплостійкістю.

Після гартування швидкорізальна сталь повинна обов'язково піддаватися відпуску. Інструменти зі швидкорізальної сталі відпускаються при температурах 540 – 560°C з витримкою 1 годину 20 хвилин. Відпуск швидкорізальної сталі слід проводити якомога швидше відразу після гартування. У структурі загартованої швидкорізальної сталі міститься 25 – 40 % залишкового аустеніту. Тому основною метою відпуску є перетворення цього аустеніту в мартенсит.

Після відпуску проводимо рідинне ціанування. Висока швидкість нагріву в ваннах з розплавом солей забезпечує швидке насичення сталі азотом та вуглецем, а рівномірний нагрів деталі в розплаві – отримання мінімальної деформації. Чистота отримуваної поверхні виробів при цьому досить висока, и вироби не потребують в подальшому обробки. Для ціанування використовуємо склад, розроблений Прокошкіним Д. А. спеціально для інструментальних сталей: ціановоокислий калій KCNO. Для інтенсифікації низькотемпературного ціанування та перемішування розплав ванну піддають продувці повітрям в кількості 2,0-2,5 л/год на 1 кг розплаву. Насичення для сталі Р6М5 проводять при температурі 550°C протягом 3-3,5год.

В процесі насичення в сталь дифундує переважно азот; глибина проникнення вуглецю 5-15мкм. В зоні дифузії азоту і вуглецю структура шару складається з карбонітридів $Fe_2(C,N)$, $Fe_3(C,N)$, $Fe_4(C,N)$ и твердого розчину азоту в α -залізі. Мікротвердість карбонітридного шару для легованих сталей досягає 6000-8000МПа та не змінюється по перетину. Твердість після ціанування рівна ≈ 700 HV. Не дивлячись на незначну зміну твердості, зносостійкість підвищується в 2-4 рази. Доки цілий карбонітридний шар, навіть за відсутності змащування контактуючих поверхонь, зварювання и заїдання не відбувається, так як насичення металу вуглецем та азотом запобігає холодному зварюванню деталей. Наявність карбонітридного шару різко знижує також коефіцієнт тертя металу по металу, зменшує зхоплюваність і покращує пророблюваність.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ ШТОК КИСЛОРОДНОГО КОМПРЕССОРА

Устименко М. С., студент; Руденко П. В., ассистент

В большинстве современных машин износу подвергаются трущиеся поверхности сопрягаемых деталей (например, зубья шестерен редуктора, штоки компрессоров, шейки коленчатых валов двигателей, внутренняя поверхность цилиндров двигателей внутреннего сгорания и т. д.), поэтому сопрягаемые трущиеся поверхности деталей должны быть более стойкими, чем вся деталь, к действию высоких температур, трению, коррозии и т. д.

Одним из способов легирования поверхности детали или ее элементов является электроискровое легирование (ЭЭЛ), которое сопровождается различными физико-химическими превращениями поверхностного упрочненного слоя детали. Оно позволяет повысить износостойкость и твердость, жаростойкость, коррозионную стойкость поверхностей деталей и снизить их коэффициент трения, а также произвести ремонт и восстановить размеры изломанной детали, придав ее поверхностному слою новые свойства.

Несмотря на то, что ЭЭЛ положительно влияет на износостойкость поверхностного слоя, его недостатки (увеличение шероховатости, возникновение в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений, снижение усталостной прочности, ограничение толщины формируемого слоя) нередко ограничивают внедрение данной технологии для широкого круга деталей машин.

Совмещение двух технологий ЭЭЛ и поверхностной пластической деформации (ППД) есть весьма эффективным способом поверхностного упрочнения, который в значительной степени устраняет вышеперечисленные недостатки ЭЭЛ.

Проведенные нами исследования свойств поверхностного слоя, направлены на установление основных закономерностей между качеством сформированной поверхности и технологическими параметрами ЭЭЛ и ППД. На их основе разработана комбинированная технология упрочнения и ремонта тяжело нагруженных деталей типа штоков компрессора.

ХІМІКО-ТЕРМОЦИКЛІЧНА ОБРОБКА НА ПРИКЛАДІ БОРУВАННЯ

Охріменко В. О., студент

Борування – це процес хіміко-термічної обробки насичення поверхні сталі бором при температурах 900...950 °С.

Процес борування використовують для покращення: твердості, зносостійкості та деяких інших властивостей. Дифузійний прошарок товщиною 0,05...0,15 мм, складається з боридів FeB і Fe₂B, має достатньо високу твердість, зносостійкість та корозійну стійкість.

Термоциклічна обробка (ТЦО) відрізняється від інших видів термообробки, тому що структурні та фазові перетворення відбуваються багаторазово при зміні температури, нагріванні-охолодженні. В роботі [1] досліджували структуру мало вуглецевої сталі після ТЦО (борирування). В якості насичувального середовища застосовували обмазку (В₄С – 75%, графіт – 14%, NaF – 4%, бетоніт – 7%). Схема обробки складалася з чотирьох термоциклів 970⁰С – 740⁰С. Час циклування складав 2 години.

Аналіз мікроструктури показує, що при ХТЦО крім збільшення товщини слою, збільшується і якість – зменшується кількість пор, розривів. Це пояснюється збільшенням інтенсивності дифузії бора та перерозподілом домішок.

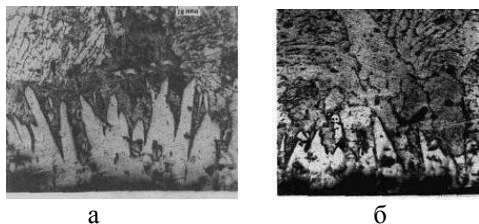


Рисунок 1 – Мікроструктура сталі після ХТЦО (борування):
а – після класичного режиму борування; б – після ХТЦО

ХТЦО призвело до змін в структурі матеріалу (рис. 1). Бор дуже активно проникає при ТЦО на більшу глибину. Рентгеноструктурний аналіз дозволив визначити фазовий склад шару: класична ХТО призведе до утворення карбіда заліза Fe₂₃(C, B)₆, в той час як при ХТЦО формуються карбіди бору Fe₃(C,B) та Fe₂₃(C,B)₆.

Отже, при ХТЦО: збільшується товщина шару; покращується його якість; зменшується кількість пор та розривів.

Список літератури

1. Лыгденов Б.Д. Интенсификация процессов формирования структуры диффузионного слоя при химико-термической обработке сталей. Автореферат. Барнаул – 2008. с. 33

Робота виконана під керівництвом доцента Гапонової О. П.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ КОЛЕСА ПІДПІРНОГО

Івах М. А., Молодець Н. О., студенти

Сучасне машинобудування характеризує безперервно зростаючу енергонапруженість і важкі умови експлуатації машин. Такі умови роботи машин пред'являють до матеріалів особливі вимоги. Для задоволення цих вимог створено багато сплавів на основі різних металів.

У сучасній техніці широко застосовують сплави, що забезпечують високу конструкційну міцність, і матеріали, які зберігають свої характеристики при високих температурах, температурах близьких до абсолютного нуля, а також володіють високою корозійною стійкістю в особливо агресивних середовищах.

Правильний підбір матеріалу та технологічного процесу отримання і зміцнення виробу дають змогу досягти необхідних властивостей деталі з мінімальними витратами на її виробництво.

Деталь «колесо підірне» призначена для подачі живильної води з температурою до 165° С з деаератора до головних живильних насосів енергетичних блоків ТЕС для забезпечення їх безкавітаційної роботи.

Деякі підприємства нашого регіону отримують дану деталь з циліндричної литої заготовки шляхом фрезерування до заданої конфігурації та розмірів.

Оскільки колесо підірне виготовляється з корозійностійкої високохромистої сталі, то переведення 30-40% матеріалу у стружку є економічно нераціонально.

Можна рекомендувати заміну литва у пісчаноглиняну форму на метод литва за виплавлюваними моделями, що дозволить отримати заготовку потрібної конфігурації з мінімальними припусками на механічну обробку.

Для обґрунтування доцільності заміни методу литва потрібно також врахувати ливарні особливості сплаву і можливі дефекти при литві за виплавлюваними моделями. Для вирішення цих питань раціонально застосовувати сучасне комп'ютерне забезпечення моделювання процесів литва, таке як: ProCAST, СКМ ЛП «ПолигонСофт», LVM Flow та ін.

Список літератури

1. Дунаєв П. Ф., Леликов О. П. Конструювання вузлів і деталей машин: посібник для машинобудів. спец. вузів. – 4-е видання.
2. Електронний ресурс: режим доступу
<http://www.ruscastings.ru/work/168/2130/2984/6158>

Робота виконана під керівництвом ст. викладача Дегули А. І.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРУЙНОВАНОГО КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

Воскобойник М. В., студентка; Раб В. М., старший викладач

Для дослідження був запропонований один з дев'яти зруйнованих колінчастих валів, після двох місячної роботи.

По перших, була розглянута фрактограма зламу, яка встановила наступні закономірності: втомний злам по мірі деформації – квазікрихкий злам. Особливістю мікрорельєфу втомного зламу являється наявність "тракових" слідів або втомних борозенок, які є системою поглиблень, що повторюються, і виступів, орієнтованих перпендикулярно напрямку розвитку тріщин і є слідом її переміщення за кожен цикл вантаження.

Так само проведений хімічний аналіз який підтвердив марку сталі – Сталь 45, згідно з ГОСТу 1050-74. Марка відповідає деталям цього класу.

А наявність механічних властивостей вказав, що ця деталь була схильна термообробці - нормалізації (HRC 23). Такий висновок ми зробили порівнявши механічні властивості, отримані після нормалізації Сталі45 для нашої деталі при дослідженнях з гарантованими механічними властивостями по ГОСТу 1050-74.

Проведений мікроаналіз структури цієї деталі виявив дрібнозернистий перліт, який як відомо, не працює на кручення і вигин, що і привів до руйнування деталі. Для усунення такого дефекту необхідно провести термополіпшення: гартування з високим відпуском, яке одночасно підвищує тимчасовий опір прибудову плинності і особливо ударну в'язкість, зменшуючи чутливість концентратора напружень. Після цього режиму термообробки отримуємо структуру сорбіт: зернисту ферито-цементитну суміш, яка дозволяє отримати найкраще співвідношення міцності і в'язкості сталі з твердістю HRC 30. Отже можна зробити висновок: "фірма" яка пішла по здешевленню термічної обробки цієї деталі, замінила термопокращення на найдешевшу термічну обробку - нормалізацію, і отримали пластинчатий перліт.

Необхідно так само додати, що найуразливіми в цих деталях є галтельні переходи – шийки, оскільки вони є концентратами напружень. Отже, для збільшення довговічності необхідно так само провести додаткове зміцнення: або обкатку валиком ПД – пластичну деформацію, або краще гартування СВЧ – струмами високої частоти . Увесь проведений цикл буде дорожчий, але деталь служитиме більше двох місяців.

Список літератури

1. Пчелінцев В. О., Раб В. М. Пошкоджуваність основних деталей машин: Навчально - методичний посібник. // В. О. Пчелінцев, В. М. Раб - Суми: вид-во СумДУ, 2008. - 137 с.

ОТРИМАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВОГО БІМЕТАЛІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

Білошицький М. В., доцент, СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк

У машинобудуванні широко застосовуються деталі з біметалів, у яких основна частина (плакуємий шар) виготовляється з в'язкого матеріалу, робоча частина – з матеріалу, що має високі зносостійкі показники (плакуючий шар). Для отримання біметалевих матеріалів найбільш економічної з точки зору використання металу і технологічною з точки зору серійності виробництва подібної номенклатури деталей є порошкова металургія. Однак, традиційними методами порошкової металургії, а саме, пресуванням і наступним спіканням не завжди можливо отримати якісні деталі з досить міцним з'єднанням різнорідних матеріалів. Причиною цього може бути те, що матеріали, які сполучаються, можуть володіти різними коефіцієнтами лінійного розширення при нагріванні до температури спікання і при наступному охолодженні, що може призвести до розшарування різнорідних матеріалів. До того ж біметалеві деталі, отримані за такою технологією, не володіють достатньо високим комплексом фізико-механічних та експлуатаційних властивостей, що висуваються умовами експлуатації деталей [1].

Метою роботи є дослідження технологічних параметрів отримання і властивостей біметалевих матеріалів з перпендикулярним розташуванням різнорідних шарів відносно осі додається навантаження, отриманих гарячим штампуванням.

Дослідженням піддавали призматичні зразки розміром $10 \times 10 \times 55$ мм. В якості плакуючого шару використовували порошок П80Х9С2М, отриманий з металообразівного шламу, що утворюється при виробництві автомобільних клапанів із сталі 40Х10С2М [2, 3].

Плакуємий шар зразків виготовляли з порошку марки ПЖ4М2 ГОСТ 9849-74. Для отримання плакуємої основи готували шихту, що містить 0,6 % графіту ГК-1 ГОСТ 4404-78 і 99,4 % залізного порошку ПЖ4М2. При цьому враховували, що порошок може містити до 1% кисню у вигляді оксидів заліза та інших елементів, на відновлення яких витрачається частина введеного до складу графіту. Змішування здійснювали в тому ж змішувачі протягом 2 год.

Пористі біметалеві заготовки пресували в лабораторному штампі на гідравлічному пресі моделі ПД-476 силою 1600 кН.

Після гарячого штампування зразки піддавали термічній обробці при температурах 200, 400 і 600°C. Зразки укладали в тигель, для зниження окислювальних процесів засипали дрібною чавунної стружкою і нагрівали в камерній електropечі, витримка складала 1,5 год. Тигель із зразками охолоджували на повітрі.

Адгезію двох різнорідних шарів оцінювали за межею міцності при випробуванні на зріз $\sigma_{зр}$. Випробування здійснювали за схемою, запропонованою в роботі [4].

На зріз випробували біметалеві зразки після гарячої штамповки і подальшого відпустки, отримані з пресовок з різною пористістю плакуємого шару після попередньої підпресовки. Пористість плакуючого шару зразків складала 4%, а плакуємого – 2 %.

Випробування на зріз показали, що зі збільшенням пористості при підпресовці плакуємого шару якість адгезії шарів поліпшується. Це пов'язано з тим, що зі збільшенням пористості плакуємого шару після попереднього пресування виходить більш розвинена поверхня в результаті кінцевого спільного пресування шарів. Це сприяє збільшенню площі контакту між ними внаслідок підвищення взаємного перемішування частинок шарів, що з'єднуються.

Відпуск при температурі 200°C не привів до істотного поліпшення адгезії шарів. Очевидно, при цій температурі не відбувається повного зняття внутрішніх напружень в плакуючому шарі та руйнування зразків відбувається по плакуючому матеріалу. Відпуск при температурі 400°C забезпечив найбільш високу межу міцності.

Розроблено технологію одержання біметалічного матеріалу, що містить попередню підпресовку плакуємого шару, засипку порошку для плакуючого шару і остаточне спільне пресування, нагрівання до 1100°C, штампування біметалічної пресовки до пористості плакуємого шару 2 %, плакуючого – 4 %. Виявлено оптимальну пористість попереднього підпресування плакуємого шару, що складає 60%. Визначено оптимальну температуру відпуску – 400°C, при якій досягаються максимальні значення межі міцності при зрізі $\sigma_{зр} = 320$ МПа.

Список літератури

1. Дорофеев Ю. Г. Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок Текст / Ю. Г. Дорофеев. – М.: Металлургия, 1977. – 216 с.
2. Рябичева Л. А. Экспериментальное исследование подготовки и прессования металлоабразивного шлама стали 40X10C2M Текст / Л. А. Рябичева, А. П. Складар, Н. В. Белошицкий // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2005. – С. 136-140.
3. Рябичева Л. А. Свойства порошка, полученного из шлифовального шлама стали 40X10C2M Текст / Л.А. Рябичева, А.Т. Цыркин, Н.В. Белошицкий // Порошковая металлургия. – 2007. – №5/6. – С. 111–117.
4. Гельман А. С. Плакирование стали взрывом Текст / А. С. Гельман, А. Д. Чудновский, Б. Д. Цемакович, И. Л. Харина. – М.: Машиностроение, 1978. – 191 с.

ВПЛИВ СИЛОВИХ ПОЛІВ НА ПРОЦЕСИ СТРУКТУРУВАННЯ ЕПОКСИПОЛІМЕРІВ

Самчик Н. М., студент; Кашицький В. П., доцент, Луцький НТУ, м. Луцьк

Розвиток сучасної техніки не можливий без застосування матеріалів з високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Важливе місце серед цих матеріалів посідають полімерні композиційні матеріали, зокрема епоксикомпозити, які застосовують як елементи різних конструкцій і виробів, а також в якості захисних покриттів. Сучасний рівень вимог, які поставлено промисловістю до експлуатаційних характеристик композитних матеріалів, спонукає до пошуку оптимального поєднання властивостей композитів та технології їх формування.

Для забезпечення високих механічних, теплофізичних та експлуатаційних властивостей полімерних матеріалів ставлять надзвичайно жорсткі вимоги, однак використовуючи традиційні матеріали їх дуже важко задовольнити достатньою мірою. Отримати комплекс необхідних властивостей можна шляхом поєднання кращих ознак різних компонентів [1].

Перспективним є застосування в якості полімерної матриці епоксидної смоли, яка характеризується високою технологічністю, адгезією та низькою усадкою [2]. Традиційний технологічний процес виготовлення виробів на епоксидній основі із використанням різнофункціональних інгредієнтів побудований на виконанні наступних операцій:

- підбір та підготовка вихідних матеріалів (в'язучих, модифікаторів, наповнювачів);
- приготування формувальної суміші (дозування, змішування);
- формування виробів (пресування, заливка у форми, лиття під тиском тощо);
- термічна і механічна обробка, що відбувається за оптимальними режимами.

Створення нових полімерних композиційних матеріалів належить до пріоритетних задач техніки і базується не тільки на підборі складових, а й пов'язане з більш ефективним напрямком – використанням фізичних методів модифікації їх структури у силових полях [3]. Сучасний рівень досліджень в області фізики твердого тіла дає можливість використати отримані знання для аналізу більш складних об'єктів – високомолекулярних полімерів при взаємодії різних фаз за наявності фізичного поля.

З метою формування з захисних епоксикомпозитних покриттів шляхом опромінення фізичними полями необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити вплив інтенсивності та напрямку теплового потоку на механічні характеристики та ступінь структурування епоксиполімеру;
- дослідити вплив температури на властивості епоксиполімеру;
- розробити ступінчатий режим формування епоксиполімеру.

Оптимальний режим тверднення епоксидних смол забезпечує отримання матеріалу з потрібними функціональними властивостями та експлуатаційними характеристиками. Інтенсивний тепловий вплив у процесі формування виробів приводить до підвищення ступеня зшивання системи, ініціює протікання релаксаційних процесів, що супроводжується покращанням фізико-механічних властивостей.

Об'єктом дослідження було обрано епоксиполімерне покриття на основі епоксидної смоли ЕД-20 та твердника поліетиленполіаміну - ПЕПА. Метою роботи є визначення впливу теплового потоку на процеси структурування епоксиполімерного покриття.

Експериментально встановлено, що збільшення тривалості обробки призводить до підвищення внутрішніх напружень.

Встановлено, що оптимальні структурно-механічні характеристики отримано при формуванні тепловим потоком впродовж 30 хв на відстані 20 см, оскільки даний режим забезпечує максимально повне структурування ($G=95,856\%$), та створює умови для зниження внутрішніх напружень ($\sigma_{\text{вн}}=0,089$ МПа), оскільки формування тривимірної сітки відбувається рівномірно з достатнім часом для перетворень в структурі.

Оптимальні значення ударної міцності отримали одношарові покриття, оброблені тепловим потоком протягом 30 і 50 хв ($A=2,39$ Дж), та двошарові покриття, оброблені тепловим потоком протягом 40 і 50 хв ($A=3,58$ Дж). Найвищі значення границі міцності на стиск отримав зразок оброблений тепловим потоком протягом 50 хв ($\sigma_{\text{см}}=44,6$ МПа), та зразок оброблений тепловим потоком та СВЧ-опроміненням протягом 50 хв ($\sigma_{\text{см}}=31,3$ МПа).

В роботі показано доцільність використання теплового потоку при формуванні епоксиполімеру, що призводить до покращення фізико-механічних характеристик за рахунок створення сприятливих умов для структурування матеріалу.

Список літератури

1. Санжаровский А. Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий. – М.: Химия, 1978. – 184 с.
2. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.
3. Полімерні композиційні матеріали в ракето-космічній техніці: Підручник / Є. О. Джур, Л. Д. Кучма, Т. А. Манько та ін. – К.: Вища освіта, 2003. – 399.

ХІМІЧНІ НАУКИ

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ШВИДКІСТЬ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ НА ТВЕРДИХ СОРБЕНТАХ

Чубур В. С., студент; Умнік І. В., студент; Большаніна С. Б., доцент

Адсорбція належить до числа складних масообмінних процесів. При цьому, вплив температури на сорбцію з водних розчинів далеко не однозначний. Відомо, що адсорбція - екзотермічний процес, і з ростом температури такі процеси погіршуються. Однак, при сорбції іонів, розміри яких близькі до ефективних розмірів пір сорбентів, проникнення цих іонів в пори залежить від їх кінетичної енергії. При підвищенні температури іони отримують додаткову енергію, що сприяє їх проникненню в пори. Отже, сорбційна ємність може підвищуватися з ростом температури, або ні. В певній мірі це буде свідчити про можливий механізм сорбції. У зв'язку з цим метою даної роботи стало дослідження впливу температури розчину адсорбату на швидкість поглинання іонів цинку з розчину сорбентом. В якості сорбента використовували строкаті глини Сумських родовищ. Наважки адсорбентів масою 3 г перемішували з 30 мл модельного розчину з концентрацією іонів Zn^{2+} 0,05 моль-екв/л. в термостатованому апараті при температурах 15 °С і 55°С. Час контакту встановлювали від 1 до 30 хвилин. Суспензію фільтрували і визначення вмісту іонів цинку у фільтраті методом комплексометричного титрування. Результати досліджень впливу температури на швидкість адсорбції представлені на рисунку.

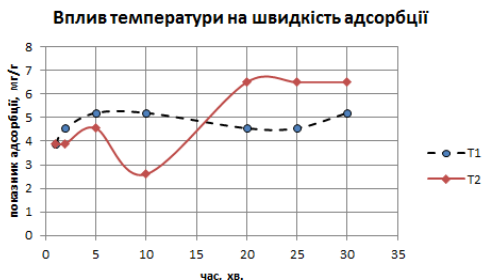


Рисунок – Вплив температури ($T_1=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=55\text{ }^{\circ}\text{C}$) на процес адсорбції

Як видно з графіку при температурі термостату 15 °С (T_1) рівновага процесу встановлюється достатньо швидко вже на 10 хвилині контакту, що свідчить про переважно фізичний механізм сорбції. Підвищення температури до 55°С (крива T_2) в системі призводить ймовірно до хімічної взаємодії між адсорбентом і адсорбатом, про що свідчить підвищений показник адсорбції.

АКТИВАЦІЯ ГЛИНИСТИХ СОРБЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ

Кириченко О. М., зав. навч. лабораторії

Вивчення адсорбції іонів з водних середовищ на твердих сорбентах представляє інтерес для багатьох виробництв та природоохоронних технологій. З метою використання строкатих глин в технологіях очищення водних розчинів від іонів важких металів, в даній роботі планується розглянути їх адсорбційну здатність та вплив кислотної та лужної активації на адсорбційну ємність відносно іонів цинку. В якості сорбенту використовували зразки глинистих порід з родовища біля с. Кровне Сумського району де залягає сіра пластична глина. З метою інтенсифікації процесу адсорбції досліджували кислотну та лужну активацію глини, що в більшості випадків позитивно впливає на її адсорбційні характеристики. Для цього проводили активацію глини, як описано в [1]. Одержані зразки активованої глини досліджували на адсорбційну здатність що до іонів цинку. Результати досліджень представлені на рис.1.

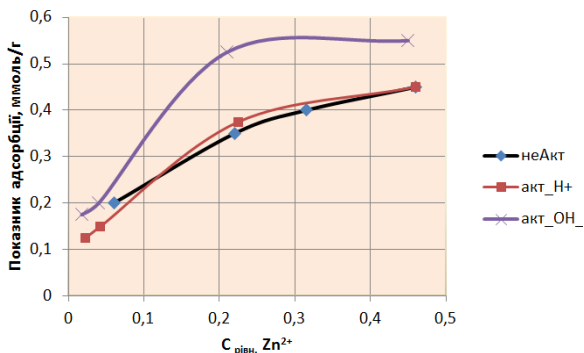


Рисунок 1 – Вплив активації на адсорбційну активність глини.

Як випливає з експериментальних досліджень кислотна активація майже не впливає на збільшення показника адсорбції іонів цинку. Лужна активація сприяє збільшенню сорбційної ємності глини майже в 2 рази порівняно з неактивованою и глиною, що піддали кислотній активації. Причиною такого явища є ймовірно утворення при контакті з лугом великої кількості гідроксидів заліза, алюмінію, і поступове вимивання з глини піску. Все це сприяє утворенню такої структури сорбенту, що більш активно адсорбує на своїй поверхні іони металів з водних розчинів.

ТЕМПЕРАТУРНИЙ ФАКТОР СОРБЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ГЛИНИСТИХ МІНЕРАЛІВ

*Коцура Н. М., студент; Хаба А. П., студент;
Пархоменко О. С., студент; Марченко Л. І., доцент*

Адсорбцію прийнято поділяти на фізичну і хімічну. Хімічна адсорбція відбувається, якщо адсорбат вступає в хімічну взаємодію з поверхнею адсорбенту з утворенням поверхневих хімічних сполук. При цьому дещо підвищений температурний режим дещо прискорює встановлення адсорбційної рівноваги і сприяє підвищенню показника адсорбції. Фізична адсорбція обумовлена лише міжмолекулярними силами, тому зростання температури заважає процесу. Для встановлення залежності процесу адсорбції іонів цинку на глинистих мінералах від температури, визначали показник адсорбції з водних розчинів цинк сульфату в розведеннях, що відповідало вмісту іонів Zn^{2+} (моль-екв/л): від 0,5 до 0,05. Наважки адсорбентів перемішували в термостаті з модельним розчином (в масовому співвідношенні 1:10) протягом 30 хв. в інтервалі температур від 15 до 55°C. Вміст іонів цинк визначали методомом комплексонометричного титрування. Результати досліджень представлені на рис.

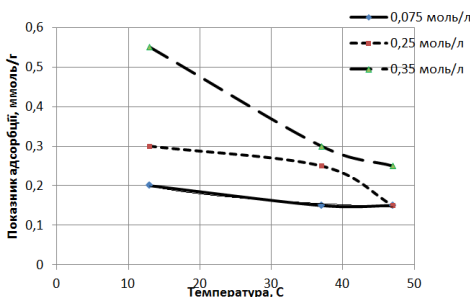


Рисунок – Вплив температури на ефективність процесів адсорбції іонів Zn^{2+} з розчинів з концентрацією Zn^{2+} (моль-екв/л): 0,075;0,25; 0,35

Як видно з графічних залежностей, показник адсорбції при невисокому вмісту Zn^{2+} (до 0,1 моль-екв/л) мало залежить від температури, але дещо зменшується при температурі близько 50°C. Більш суттєвим вплив температури стає при збільшенні концентрації іонів Zn^{2+} . Так, при підвищенні температури розчину на 25-30°C показник адсорбції зменшується майже в 2-2,5 рази.

Таким чином, підвищення температури зменшує показник адсорбції іонів цинку на глинистих мінералах. Це доводить пріоритетний перебіг фізичної адсорбції, яка ґрунтується на силах міжмолекулярної, орієнтаційної, електростатичної взаємодії диполів адсорбату з полем адсорбенту.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ЦИНКА

Ревенко А. О., студент; Сидельник К. О., студент; Воробьёва И. Г., доцент

Одним из ценных компонентов лекарственных растений, обладающим сорбционными свойствами по отношению к ионам тяжелых металлов, является пектин. Содержание пектинов в различных растениях колеблется в широких пределах: от 0,1–0,5 до 50 %. По качественным показателям наиболее ценным пектинсодержащим сырьем является свежее растительное сырье.

Целью настоящих исследований явилось изучение кинетики и сорбционной способности пектина, выделенного из свежих яблок, *in vitro* по отношению к ионам цинка, а также влияние температуры на его сорбционную емкость.

Известно, что цинк как тяжелый металл связывается с карбоксильными, фосфатными группами биомолекул. При этом он снижает активность ферментов и, купируя метаболические процессы, вызывает сильную интоксикацию организма. Кроме физической адсорбции катионов активными центрами пектина, происходит и хемосорбция – образование комплексных соединений.

Сорбционная емкость выражается количеством ионов тяжелого металла, связывающихся с 1 г пектина. Количество связавшихся ионов определяли по разнице между вносимым и остаточным количеством ионов свинца.

В реакции образования пектинатов металлов участвуют два вещества. Чтобы учесть изменение концентрации одного из реагирующих веществ (ионов металла) при минимальном влиянии концентрации другого вещества (пектина), использовали метод изолирования Оствальда. Согласно этому методу, реакция проводится с избытком одного из реагентов (пектина), и тогда скорость сорбции пропорциональна концентрации другого реагента, взятого в недостатке (ионы металла). Адсорбционная способность сорбента может быть оценена на основе экспериментальных данных по величине адсорбции.

Расчет величины адсорбции проводили согласно зависимости:

$$A = \frac{(C_0 - C_{равн}) \cdot V}{m}$$

где C_0 , $C_{равн}$ – исходная (начальная) и равновесная концентрации ионов свинца, ммоль/л; V – объем раствора, л; m – масса навески сорбента, г.

Теоретически адсорбционная способность может быть описана уравнениями Фрейндлиха (Аф) и Ленгмюра (Ал), в зависимости от природы адсорбента подчиняется тому или другому. Уравнение Фрейндлиха удобнее использовать в логарифмической форме:

$$\ln \frac{x}{m} = \ln K + \frac{1}{n} \ln C$$

где K и $1/n$ – константы; C – равновесная концентрация.

Константа K зависит от природы адсорбента и адсорбата, колеблется в широких пределах. $1/n$ – адсорбционный показатель, зависящий от природы адсорбата.

Величины констант находили по логарифмической зависимости:

$$\ln \frac{x}{m} = f(\ln \Delta C)$$

Уравнение Ленгмюра:

$$A = \frac{A_{\infty} \cdot C}{b + C}$$

где A_{∞} ; b – константы; C – равновесная концентрация.

Для нахождения констант использовали графическую зависимость $1/A = f(1/\Delta C)$.

Константа A_{∞} представляет собой предельную емкость адсорбента и зависит от размеров молекул сорбента. Константа равновесия адсорбционного процесса « b » зависит от средства адсорбата к адсорбенту. Чем она больше, тем сильнее выражено это средство. Адсорбционная способность теоретически описана по уравнениям Фрейндлиха и Ленгмюра. Величины констант уравнений находили по соответствующим графическим зависимостям. По характеру изученных изотерм можно предположить, что поверхность сорбента гладкая и количество активных центров достаточно для адсорбции ионов Zn^{2+} .

Изменение концентрации ионов цинка от времени сорбции в водной фазе растворов при контакте с пектином показало, что в течение 1 часа максимальное извлечение ионов цинка пектином составило около 30 % от равновесной концентрации.

Изучили влияние температуры на сорбционные свойства пектинов. Исследования показали, что процент связывания ионов цинка пектином уменьшается при термической обработке в течение часа ($t = +100$ °C) относительно той же величины при комнатной температуре.

Таким образом, пектин, выделенный из свежих плодов яблок, может быть рекомендован в качестве детоксиканта, что предполагает разработку лекарственной формы на его основе, но без применения термической обработки.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРОЛИЗА САХАРОЗЫ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ЭНТРОПИИ АКТИВАЦИИ

Мосъпан А. Б., студент; Лебедев С. Ю., доцент

Целью данной работы являлось изучение кинетики гидролиза сахарозы при разных концентрациях катализатора и расчёт энергии активации и энтропии активации изучаемой реакции.

Для исследования брались растворы сахарозы с концентрацией 0,15 моль/л, которые смешивались с растворами неорганических кислот концентрации $\approx 0,7-3$ моль/л. Изучение кинетики проводили поляриметрическим методом при пяти температурах в интервале 17 – 40°C. Температура регулировалась контактным термометром с точностью $\pm 0,05^\circ$. При каждой температуре и концентрации катализатора проводилось 2–3 параллельных измерений. Теория активированного комплекса описывает константу скорости реакции k теоретическим уравнением:

$$k = kT/h \exp(-\Delta H/RT)\exp(\Delta S/R),$$

где k и h – постоянные Больцмана и Планка; ΔH и ΔS – энтальпия и энтропия активации реакции; $\Delta H = E_a - RT$, E_a – энергия активации реакции.

Проведённая обработка экспериментальных результатов позволила нам предложить для расчёта константы скорости реакции эмпирическое уравнение:

$$k = 1,411 \cdot 10^{12} \cdot T \cdot \exp(-97060/RT) \cdot \exp(9,320 \cdot C/R), \quad (1)$$

где C – молярная концентрация кислоты в реакционной смеси.

Согласно имеющимся в литературе представлениям о температурной зависимости константы скорости реакции были построены графики $\ln k = f(1/T)$ для всего диапазона исследованных концентраций катализатора. Из этих графиков рассчитано значение энергии активации $E_a = 98600 \pm 1200$ Дж/моль. Сложнее дело обстоит с нахождением энтропийного множителя, поскольку не существует прямых экспериментальных способов нахождения энтропии активации. В данной работе предлагается связать величину энтропии активации с концентрацией кислоты – катализатора. Другими словами мы, используя математический метод заменяющей переменной (энтропии на концентрацию) обработали весь массив имеющихся данных ($\approx 30 - 60$ точек) в виде уравнения $k = Z \cdot T \cdot \exp(-a/T) \cdot \exp(b \cdot C)$ (1). Данные нашего расчёта приведены в таблице.

C , моль/л	0,727	1,453	1,928	2,314	2,602	2,89
ΔS^* , Дж/мольК	6,9	13,7	18,2	21,9	24,6	27,3

Таким образом, результатом работы являются надёжное значение энергии активации и оценочный расчёт значений энтропии активации.

ПАЛЬМОВА ТА ПАЛЬМОВОЯДРОВА ОЛІЇ

Палій Т. А., студент; Сидоренко Є. О., студент; Лицман Ю. В., доцент

Пальмову та пальмовоядрову олії добувають з африканської олійної пальми (*Elaeis guineensis*). Пальмову олію отримують із м'якої навколоплідної частини, а пальмовоядрову – з ядер плодів. Ці олії мають однакове походження, проте різний склад.

Пальмова олія за складом близька до тваринних жирів, вона містить до 50% насичених (пальмітинова, стеаринова), до 10% - поліненасичених (лінолева, ліноленова) та до 40% мононенасичених (олеїнова, пальмітоолеїнова) жирних кислот. Крім того, до складу пальмової олії входять вітаміни Е, А, карототиноїди.

Пальмоядрова олія за складом близька до кокосової олії і, на відміну від пальмової, містить понад 50% інших насичених жирних кислот (лауринова, міристинова) і леткі кислоти (капронова, каприлова, капронова). Вміст лауринової кислоти ($C_{12}:0$) у пальмовоядровій олії наближає її за складом до молочних жирів.

У техніці пальмову олію застосовують в якості текстильного мастила, у виробництві білої жерсті (для захисту поверхні олова від корозії), епоксидована пальмова олія використовується в якості пластифікаторів і стабілізаторів у виробництві пластмас тощо. У виробництві косметичних засобів продукти пальмової олії застосовують як основу для кремів, інших косметичних засобів, а різноманітні похідні лауринової кислоти пальмовоядрової олії є основною складовою, що зумовлюють мийну дію шампунів. Пальмову олію можна знайти в якості складового компоненту багатьох харчових продуктів, а саме: спредів, згущеного молока, морозива, вермішелі швидкого виготовлення, сирів та ін., лауринову кислоту - як основний компонент пальмоядрової олії – у складі сумішей для дитячого харчування тощо.

Таким чином, пальмова та пальмовоядрова олії широко застосовуються у техніці, харчовій промисловості, виробництві косметичних засобів, що зумовлено їх складом та відносно низькою вартістю виробництва. Проте використання цих олій у різних продуктах харчування поряд з перевагами має і недоліки.

Список літератури

1. Масло пальмовое [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.real-aroma.ru>.

2. Садовский А. С. Масла перестройки // Химия и жизнь, 2003, №11. С. 30-33.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЖИДКИХ СРЕД

Форкерт И. А., студент; Чернецкий И. В., студент; Манжос А. П., доцент

Во время окислительных или восстановительных реакций изменяется электрический потенциал окисляемого или восстанавливаемого вещества: одно вещество, отдавая свои электроны и заряжаясь положительно, окисляется, другое, приобретая электроны и заряжаясь отрицательно, — восстанавливается. Разность электрических потенциалов между ними и есть окислительно-восстановительный потенциал (ОВП).

Окислительно-восстановительный потенциал является мерой химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах.

Значение окислительно-восстановительного потенциала для каждой окислительно-восстановительной реакции может иметь как положительное, так и отрицательное значение.

В природной воде значение E_h колеблется от -450 до $+650$ мВ, что определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов. В условиях равновесия значение ОВП определенным образом характеризует водную среду, и его величина позволяет делать некоторые общие выводы о химическом составе воды.

В организме человека энергия, выделяемая в ходе окислительно-восстановительных реакций, расходуется на поддержание гомеостаза (относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма) и регенерацию клеток организма, т.е. на обеспечение процессов жизнедеятельности организма.

ОВП внутренней среды организма человека, измеренный на платиновом электроде относительно хлорсеребряного электрода сравнения, в норме всегда меньше нуля, т.е. имеет отрицательные значения, которые обычно находятся в пределах от -100 до -200 милливольт. ОВП питьевой воды, измеренный таким же способом практически всегда больше нуля, обычно находится в пределах от $+50$ до $+450$ мВ. Это справедливо практически для всех типов питьевой воды, — той которая течет из водопроводных кранов во всех городах мира, которая продается в стеклянных и пластиковых бутылках, которая получается после очистки в установках обратного осмоса и большинства разнообразных больших и малых водоочистительных систем.

Указанные различия ОВП внутренней среды организма человека и питьевой воды означают, что активность электронов во внутренней среде организма человека намного выше, чем активность электронов в питьевой воде.

Для того, чтобы организм оптимальным образом использовал в обменных процессах питьевую воду с положительным значением окислительно-восстановительного потенциала, ее ОВП должен соответствовать значению ОВП внутренней среды организма. Необходимое изменение ОВП воды в организме происходит за счет затраты электрической энергии клеточных мембран, т.е. энергии самого высокого уровня, энергии, которая фактически является конечным продуктом биохимической цепи трансформации питательных веществ.

Если поступающая в организм питьевая вода имеет ОВП близкий к значению ОВП внутренней среды организма человека, то электрическая энергия клеточных мембран (жизненная энергия организма) не расходуется на коррекцию активности электронов воды и вода тотчас же усваивается, поскольку обладает биологической совместимостью по этому параметру. Если питьевая вода имеет ОВП более отрицательный, чем ОВП внутренней среды организма, то она подпитывает его этой энергией, которая используется клетками, как энергетический резерв антиоксидантной.

ОВП питьевой воды, являясь важным ее параметром, оказывает огромное влияние на здоровье человека. Обычно ОВП организма человека колеблется от -90 мВ до -200 мВ, а ОВП обычной питьевой воды практически всегда значительно выше нуля. Все исследованные образцы воды имели ОВП 300-340 мВ. При употреблении такой питьевой воды активность электронов во внутренней среде организма выше активности электронов в ней. Такая питьевая вода забирает себе свободные электроны из биологической среды организма, т.е. является оксидантом. Это ведет преждевременному старению, хроническим болезням, хронической усталости.

Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) почв служит мерой напряженности окислительно-восстановительных процессов, а его уровень отражает преобладание процессов окисления или восстановления, протекающих в почвах. Любая почва (как и произвольная химическая система) содержит одновременно окисленные и восстановленные формы соединений, отношение которых и создает экспериментально обнаруживаемый уровень ОВП. Величину ОВП можно формально выразить через концентрацию в системе свободных электронов, или через отношение активных концентраций окисленной и восстановленной форм.

Проведенные исследования показали, что значения ОВП в почвах колеблется в довольно узких пределах. Резкие сдвиги в сторону развития восстановительных процессов может вызвать временное переувлажнение почв, особенно при избытке органических остатков. Значение ОВП тесно связано с микрорельефом. В понижениях условия менее окислительные, особенно сильно снижаются потенциалы на территории торфяников и болотистых почв. Общий окислительно-восстановительный режим обычных пахотных почв характеризуется сравнительно равномерным во времени и оптимальным по величине потенциалом.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА СИНТЕЗА 7-АМИНО-3-*трет*-БУТИЛПИРАЗОЛО[5,1-*c*][1,2,4]ТРИАЗИН-4(6*H*)-ОНА

*Подольникова А. Ю., аспирант; Гасанов Р. К., студент;
Новоточинов Д. А., студент; Миронович Л. М., профессор,
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия*

Производные пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазинов описаны в качестве соединений, проявивших различные виды активности, в частности противомикробной, противовирусной. В связи с этим поиск новых соединений ряда пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазинов и усовершенствование известных методик является актуальной задачей.

Ранее нами синтезированы 7-амино-3-*трет*-бутил-8-*R*-пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-4(6*H*)-оны. Из этил-7-амино-3-*трет*-бутил-4-оксо-6*H*-пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]-триазина-8-карбоновой кислоты (1) многостадийным методом выделен 7-амино-3-*трет*-бутилпиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-4(6*H*)-он (4). Синтез проводили последовательно: гидролиз соединения (1) привел к калиевой соли 7-амино-3-*трет*-бутил-4-оксо-6*H*-пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбоновой кислоты (2). Для получения свободной кислоты нейтрализовали полученную соль (2) раствором соляной кислоты. Декарбоксилирование соединения (3) проводили при нагревании в среде ДМФА и выделили 7-амино-3-*трет*-бутилпиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-4(6*H*)-он (4) (схема 1).

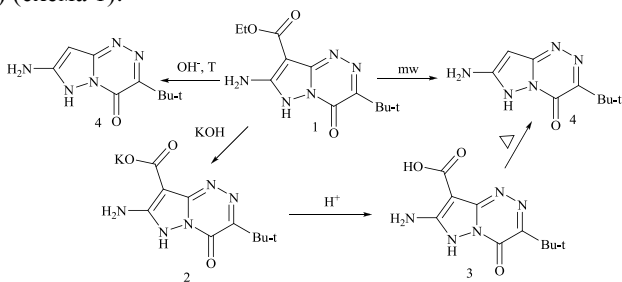


Схема 1

Для увеличения выхода продукта реакции и сокращения времени разработан одностадийный метод получения соединения (4). Реакцию проводили термическим и микроволновым методами. Проведение реакции под действием микроволнового излучения (Микроволновая система MARS, мощность излучения-400 Вт) приводит к сокращению времени прохождения процесса (40 мин) по сравнению с термическим (3 ч). Спектральные характеристики соединений (4), полученных разными методами, совпадают, а проба смешения не дает температуры депрессии. Строение соединений установлено совокупностью данных элементного анализа, УФ-, ИК- ЯМР-спектроскопии.

РОЛЬ МЕТАЛЛОВ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ

*Аларкон Кастилло Магалли, слушатель ПО ДМО;
Дыченко Т. В., ст. преподаватель*

Большое число важнейших стадий процессов жизнедеятельности контролируется содержащимися в тканях организма ионами металлов. Нарушения в строгом режиме работы систем, содержащих металлы, тяжело сказываются на общем состоянии организма. Зная, какова роль того или иного металла, можно бороться с болезненными, патологическими явлениями и успешно ликвидировать их.

При недостаточном количестве железа врачи вводят ионы железа в форме молочнокислой соли или соли аскорбиновой кислоты.

При злокачественной анемии рекомендуется введение растворов витамина В₁₂ (кобаламина – комплексного соединения кобальта).

Соли магния с аскорбиновой кислотой применяют вместе с глюкозой для лечения гипертонической болезни и при нарушениях мозгового кровообращения. Оксид магния (жженая магнезия) рекомендуется для устранения повышенной кислотности и для лечения отравлений кислотами.

Однако бесконтрольное введение в организм соединений различных металлов может привести к печальным последствиям. Даже поваренная соль – NaCl – не безвредна. Ежедневная норма соли составляет 10 г; установили, что постоянное превышение этой нормы в 2 – 3 раза ведет к развитию гипертонии, а прием очень большой порции соли может оказаться смертельно опасным. В то же время NaCl – жизненно необходимое вещество. Избыточное количество соединений магния может также оказать вредное действие. В легких оксид магния, который легко летуч, вызывает болезненные явления («литейная лихорадка»); на коже при частых контактах с соединениями магния могут возникнуть дерматиты; введение ионов магния под кожу может вызвать паралич мышц.

Легко сделать вывод, что все дело в концентрации, которую достигает соединение данного металла в клеточном содержимом организма.

Биологические функции многих металлов неизвестны. Вполне вероятно, что некоторые из них вообще не выполняют в организме полезной работы и не являются необходимыми. А такие металлы, как ртуть, свинец, кадмий, таллий, бериллий, хром, барий, стронций – являются высокотоксичными, т.е. опасными даже в очень малых концентрациях. Тщательное изучение свойств соединений таких металлов, с одной стороны, помогает разрабатывать правила техники безопасности, а с другой – дает в руки врачей средства для борьбы с некоторыми болезнями. Дело в том, что бактерии, грибки, вирусы погибают под действием соединений «опасных» металлов, и, подбирая дозу и условия применения, можно успешно использовать бактерицидные свойства ряда металлов в медицине. Например, используют ртутно–салициловую мазь, цианид ртути и т.д.

**ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ,
КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА**

РОЗРАХУНОК САЛЬНИКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ З КОРПУСОМ, ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ

Назаренко О. О., студент

Недоліком радіальних сальникових ущільнень є нерівномірність контактного тиску по довжині пакета набивки, що веде до перевантаження окремих ділянок та до скорочення ресурсу ущільнення. Цей недолік усувається в конструкції сальникового ущільнення з корпусом, що деформується, в якому тиск вирівнюється не тільки по довжині але й по колу.

Ця конструкція працює наступним чином. У корпусі сальника 1 (рис.) зроблені поздовжні розрізи, і корпус складається з консольних пластинок 2 (пелюсток). Радіальні напруження, що виникають в набивці 3 при її осьовому стисненні, згинають пластинки 2, згинальна жорсткість яких зменшується у міру віддалення від дна корпусу. Завдяки цьому кільця набивки розвантажуються. Максимальні прогинання пластинок виникають на їх вільних кінцях, тому розвантаження кілець набивки зростає у міру наближення до натискної втулки 4. Таким чином знімається пік напруження в зовнішніх кільцях, характерний для традиційної конструкції сальника. Важливою перевагою цього ущільнення є те, що в порівнянні з іншими конструкціями, пружний корпус реагує на сумарну нерівномірність тиску, обумовлену як силами тертя, так і тиском ущільнювальної рідини.

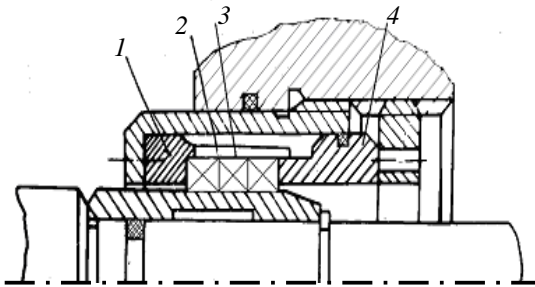


Рисунок – Сальникове ущільнення з корпусом, що деформується

В даній роботі проведений числовий розрахунок напружено-деформованого стану ущільнення в залежності від: профілю пружної оболонки сальникового ущільнення, яка повинна відповідати умовам міцності; ущільнювального тиску; фізико-механічних властивостей сальникової набивки. Отримано розподіл контактного тиску по довжині ущільнення, радіальні деформації та напруження набивки і консольних пластинок.

Робота виконана під керівництвом професора Марцинковського В. А.

РОЗРАХУНОК ТОРЦЕВОГО САЛЬНИКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ШОРСТКОСТІ САЛЬНИКОВОЇ НАБИВКИ

Святашова А. В., студентка; Гудков С. М., зав. лабораторією

Торцеві сальникові ущільнення відносяться до контактних ущільнень, в яких герметичність досягається за рахунок усунення зазору між ущільнювальними поверхнями. Одним з елементів пари тертя торцевого сальникового ущільнення є роз'ємне кільце сальникової набивки, яке по своїй структурі має плетену форму, а, отже, в ході роботи ущільнення на робочій поверхні буде утворюватися рельєфна – шорстка поверхня, через яку буде проходити основна частина витоків через ущільнення. Окрім цього, шорсткість сальникової набивки буде джерелом гідродинамічної розклинюючої дії, яка впливає на перерозподіл контактного тиску в парі тертя торцевого сальникового ущільнення. Існуючі теорії розрахунку сальникових ущільнень не враховують шорсткість сальникової набивки, яка може вплинути на робочі характеристики торцевого сальникового ущільнення: витоки через ущільнення, розподіл контактного тиску по довжині ущільнення та ресурс ущільнення в цілому. Тому необхідно вивчити вплив шорсткості сальникової набивки на робочі характеристики торцевого сальникового ущільнення, тим самим уточнивши існуючі теорії розрахунку.

Визначення профілю шорсткості сальникової набивки традиційним контактним способом неможливо, так як набивка пружна і легко піддається деформації. Тому необхідно застосовувати сучасні безконтактні оптичні способи визначення шорсткості. В роботі для визначення впливу шорсткості використовувалися результати, отриманні за допомогою безконтактного тривимірного профілографа – профілометра фірми Taylor Hobson – Talysurf CCI – Lite для сальникової набивки GAMBIT 608 розміром 10×10 . Середнє арифметичне відхилення профілю шорсткості для опресованої та припрацьованої сальникової набивки складає: $R_a = 17,9 \text{ мкм}$.

У роботі приймається допущення про гладку поверхню опорного металевго кільця, так як її середнє арифметичнє відхилення профілю шорсткості дуже мале у порівнянні з середнім арифметичним відхиленням профілю шорсткості сальникової набивки. Тому у роботі розглянута контактна задача шорсткої сальникової поверхні з гладкою металевою поверхнею опорного кільця з напіввідинним тертям.

У результаті розрахунків отримано розподіл контактного тиску по довжині пари тертя торцевого сальникового ущільнення та витоки через ущільнення. Виконано порівняльний аналіз отриманих результатів з результатами отриманими за існуючими методиками. З метою оцінки впливу шорсткості сальникової набивки на ресурс ущільнювального вузла, вирішена зносоконтатна задача.

РАДИАЛЬНЫЕ СИЛЫ И РАСХОДЫ В МНОГОЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЯХ

Позовный А. А., студент

В центробежных насосах для уменьшения объемных потерь применяют многощелевые уплотнения. Однако из опыта эксплуатации высокооборотных насосов известно, что в некоторых случаях такие уплотнения вызывают повышенную вибрацию ротора. Радиальная гидростатическая сила в многощелевых уплотнениях может быть направлена в сторону увеличения эксцентриситета ротора. Так как эти уплотнения являются некоторым резервом повышения объемного КПД, то исследование качественного влияния их отдельных параметров на величину и направления гидростатической силы имеет практическое значение. Для этого нужно вычислить изменения давления по длине канала и радиальную силу, изменения перепадов давления по окружности, вычисления расхода при разных торцовых камерах, коэффициенты гидростатической жесткости.

Радиальная сила в уплотнениях с большими торцовыми камерами и одинаковыми щелями не зависят от их числа, а определяются перепадом давления, дросселируемым на уплотнении. В многощелевых уплотнениях с малыми торцовыми камерами радиальная сила, как правило, направлена в сторону увеличения эксцентриситета и может вызвать повышенную вибрацию ротора.

Для повышения динамической устойчивости ротора стоит применять уплотнения с малыми радиальными зазорами в уплотнительных щелях и большими торцовыми зазорами в уплотнительных щелях и большими торцовыми камерами. Однако увеличение торцовых камер обычно приводит к уменьшению жесткости уплотнительного кольца, из-за чего под действием дросселируемого на уплотнении перепада давления кольцо может деформироваться так, что уплотняющие зазоры будут иметь диффузную форму. В этих зазорах может возникать гидростатическая сила увеличивающая эксцентриситет ротора, ухудшая его вибрационные свойства. Для того чтобы не ослаблять уплотняющее кольцо, нужно увеличить радиальный зазор в четных щелях вместо увеличения торцовых камер и использовать эти щели в качестве камер для выравнивания давлений.

Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В. А.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПІРНИХ ТОРЦЕВИХ ІМПУЛЬСНИХ УЩІЛЬНЕНЬ

Лісовенко Д. В., аспірант; Загорулько А. В., доцент

При створенні турбомашин різного призначення одна з головних проблем полягає в розробці надійних і герметичних ущільнень. Складність цієї проблеми різко зростає зі збільшенням робочого тиску і швидкості обертання ротора. Найбільш поширеними ущільненнями, які використовуються в турбомашинах вважаються механічні ущільнення на газовому змащенні, які у наш час майже повністю замінили ущільнення на рідинному змащенні.

Метою випробувань було перевірка працездатності торцевого запірною імпульсного ущільнення при різних робочих параметрах: частоті обертання вала, тиску ущільнювального і запірною середовищ.

Випробування проводилися для різних матеріалів кілець торцевої пари. Параметрами, що вимірювалися були: температура аксіально-рухомого кільця ущільнення, частота обертання вала; тиск ущільнювального і запірною середовищ, величина витоків через ущільнення. Випробування проводилося на розгінному і постійному режимах.

Були отримані наступні експериментальні характеристики:

- залежність витоків через ущільнення від величини тисків ущільнювального та запірною середовищ;
- залежність витоків через ущільнення від частоти обертання вала;
- залежність температури аксіально-рухомого кільця від часу випробувань ущільнення на одному режимі при постійному перепаді тиску і частоті обертання вала.

Наступні етапи проведення експерименту:

1. Подача компресором повітря в колектор тиску. За допомогою редукторів встановлювалося необхідний ущільнювальний і запірний тиски.
2. Подача тиску ущільнювального середовища і перевірка герметичності пар тертя на стоянці без запірною тиску.
3. Подача тиску запірною середовища і перевірка на стоянці.
4. Встановлення необхідного перепаду тиску ($0,2 \pm 0,5$ МПа) між ущільнювальним і запірним середовищами для розвантаження контактної пари і безконтактного пуску ущільнення.
5. Випробування проводилися при різних ущільнювальних тисках (до 3 МПа) і частотах обертання (до 12900 об/хв.); були визначені границі працездатності ущільнення для даних матеріалів пари тертя.
6. Огляд кілець пари тертя.

По результатам дослідження можна зробити висновок: запірне імпульсне ущільнення має незначні витoki газу на робочих режимах обертання вала; працює в безконтактному режимі; не має витоків при стоянці імпульсного запірною ущільнення.

ВЛИЯНИЕ УГЛОВОЙ ДЕФОРМАЦИИ ДИСКА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Балаба М. А., студент; Калиниченко П. М., доцент

Эффективность применения гидростатического уплотнения в системе осевой разгрузки ротора центробежного насоса определена рядом работ, выполненных за последнее время. Гидростатическое уплотнение заметно снижает расход жидкости через узел разгрузки, увеличивая тем самым объемный к.п.д. машины. Работает уплотнение в тяжелых условиях при дросселируемом давлении 150÷200 атм., торцовом зазоре 5÷10 мкм и больших окружных скоростях. Большой перепад давлений приводит к деформации деталей уплотнения.

Так по результатам разработки узла осевой разгрузки для насосов ЦНС 240-1900 проверочные прочностные расчеты указывают на значительную угловую деформацию диска уплотнения, в результате чего осевое смещение кромки контактной поверхности составляет порядка 20 мкм, что в два раза превышает зазор торцовой пары. При этом гидродинамика работы уплотнения уходит от расчетной либо в сторону контакта рабочих поверхностей, либо в сторону увеличения торцового зазора.

Возможны два направления по обеспечению расчетных условий работы уплотнения. Увеличение толщины диска и изменение его формы позволяет уменьшить деформацию диска по торцовой поверхности до допустимого значения. Это приводит к заметному увеличению массы ротора, снижая динамические характеристики машины.

Предлагаемый в работе подход основан на рациональном использовании угловой деформации диска из условия обеспечения расчетной геометрии торцового зазора в рабочем режиме и обеспечения стартовых условий работы уплотнения. Для этого в работе получены расчетные зависимости влияния угловой деформации диска на статическую и расходную характеристики уплотнения, определены допустимые значения угловой деформации диска из условия обеспечения надежной работы уплотнения, разработана методика расчета гидростатического уплотнения, работающего в условиях упругой деформации деталей торцовой пары.

АНАЛИЗ СОВМЕСТНЫХ РАДИАЛЬНО-УГЛОВЫХ И ОСЕВЫХ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Жулёв А. А., аспирант

На вибрационное состояние насоса значительное влияние оказывают дросселирующие каналы. В них возникают силы обусловленные инерцией жидкости, потоком вытеснения и напорным течением.

Жесткость щелевых уплотнений сравнима с жесткостью подшипников скольжения. Благодаря этому уплотнения выступают как дополнительные промежуточные опоры, повышая критические частоты ротора. Кроме этого уплотнения существенно влияют на амплитуды его вынужденных колебаний ротора и на границы его устойчивости.

Анализ влияния щелевых уплотнений позволяет выбрать их конструкцию так, чтобы во всем рабочем диапазоне уровень вибраций не выходил за допустимые пределы.

Одна из стенок щелевого уплотнения принадлежит ротору и совершает сложное собственное вращение, а также радиальные и угловые колебания. В результате поток вязкой жидкости в щелевых уплотнениях является трёхмерным. Действующие в уплотнениях силы и моменты связаны с характером движения ротора, а с другой стороны определяют его динамику.

Автоматическая система уравнивания осевых сил является комбинированным узлом, сочетающим функции радиально-упорных гидростатических подшипников и бесконтактных концевых уплотнений, влияющими на динамику ротора и машины в целом.

На роторы центробежных машин, кроме радиальных сил и моментов, действуют большие осевые силы, величина которых измеряется десятками тонн. Наиболее эффективным способом уравнивания осевых сил является использование автоматических уравнивающих устройств. Однако такие устройства допускают возможность осевых колебаний ротора, которые влияют на общее вибросостояние машины.

Основными элементами систем автозагрузки являются цилиндрический и торцовый дроссели, разделенные камерой. Проводимость цилиндрического дросселя с постоянным средним радиальным зазором зависит от радиальных смещений ротора относительно его оси, то есть радиальных колебаний. Проводимость торцового дросселя определяется величиной торцового зазора, то есть осевыми колебаниями ротора. С этого видна зависимость между осевыми и радиальными колебаниями ротора.

Таким образом, задача анализа совместных радиальных, угловых и осевых колебаний является целесообразной. Рассмотрены свободные колебания ротора в щелевых уплотнениях. Получены собственные частоты системы и значения коэффициента демпфирования в зависимости от частоты вращения. На основании результатов расчетов проведено сравнение характеристик связанной системы с характеристиками парциальных систем.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕГМЕНТНЫХ ПОДШИПНИКОВ НА ДИНАМИКУ РОТОРОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

Василевский В. О., студент

Разработана упрощенная двухмассовая модель роторной системы, учитывающая нелинейные реакции жидкостного слоя подшипников скольжения. Для этой модели ротор предварительно приводится к дискретной системе, в которой эквивалентные массы оцениваются по данным расчёта собственных частот и форм МКЭ-модели ротора. Путем численного интегрирования системы дифференциальных уравнений и последующего спектрального анализа закона движения выявлены закономерности влияния подшипников на устойчивость и развитие амплитуд субгармонических составляющих по мере увеличения частоты вращения. Показано, что потеря устойчивости происходит при частотах вращения, превышающих утроенную первую критическую частоту. Установлено, что сопротивление подшипников в реальных пределах его изменения в процессе эксплуатации мало влияет на область устойчивости. Развитие амплитуды субгармонической составляющей до недопустимых величин происходит в сравнительно небольшом диапазоне частот вращения в неустойчивой области частот вращения. Для рассмотренного модельного ротора этот диапазон находится в пределах примерно с 13450 об/мин до 13900 об/мин.

Проведенные исследования показали, что увеличение коэффициента сопротивления d_n (в пределах изменений, реально возможных при работе турбокомпрессора) увеличивает область устойчивости, однако весьма незначительно. С ростом коэффициента циркуляционных сил δ область неустойчивости увеличивается. Полученные результаты так же свидетельствуют о том, что потеря устойчивости модельного ротора происходит при частотах вращения превышающих $3,2 \cdot \omega_1$, т.е. для частоты вращения примерно 1400 1/с (13450 об/мин). Полученные результаты полностью согласуются с экспериментальными данными, приведенными в [1].

В качестве примера приведём сравнение экспериментально полученных колебаний центра ротора и их спектра (рис. 1) [1] с соответствующими данными, вычисленными с помощью математической модели (рис. 2).

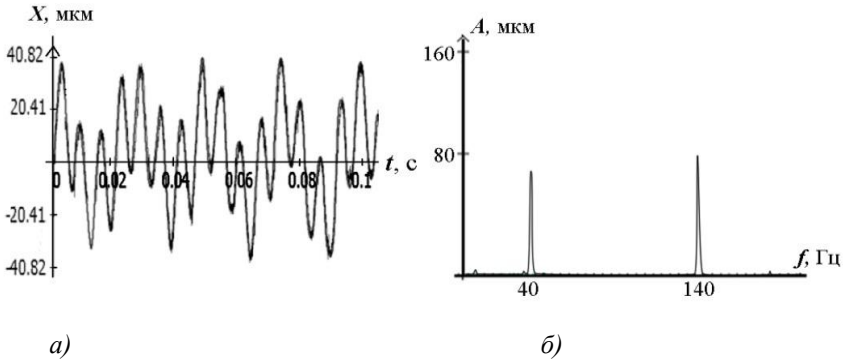


Рисунок 1 – Экспериментально полученные колебания ротора (а) и их спектр (б)

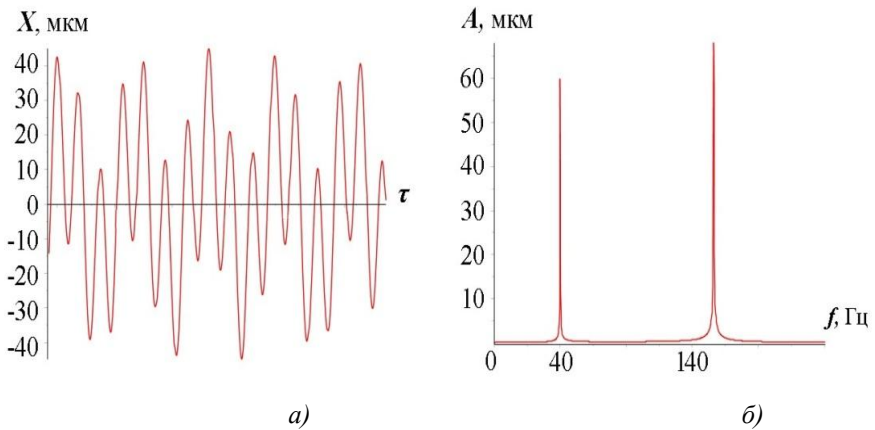


Рисунок 2 – Колебания ротора (а) и спектр (б), полученные в результате численного интегрирования

Список литературы

1. Гадяка В.Г. Экспериментальное исследование динамики ротора в неустойчивой области частот вращения / В.Г. Гадяка, Д.В. Лейких, В.И. Симоновский // Проблемы машиностроения. – 2009. – т.12. №5. – С. 81-85.

Работа выполнена под руководством профессора Симоновского В. И.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ПРИ АНИЗОТРОПНОСТИ КВАЗИУПРУГИХ СИЛ В УПЛОТНЕНИЯХ

Санин А. И., студент

На основе численного интегрирования и спектрального анализа установившихся колебаний одно массовой нелинейной модели ротора центробежного насоса с помощью программного комплекса MathCad было проведено исследование влияния параметров уплотнений на устойчивость и характер автоколебаний в неустойчивой области частот вращения. В частности, выявлены особенности влияния на устойчивость и характер орбит центра ротора, наличие анизотропности квазиупругих сил, возникающих в щелевых уплотнениях.

Движение центра ротора относительно неподвижной системы координат под действием гидродинамических сил описывается системой дифференциальных уравнений [1, 2]:

$$\begin{cases} m\ddot{x} + b\dot{x} + c_b x + k_{c1}(0)\alpha(r) \cdot x + qy = me_1\omega^2 \cos(\omega t) \\ m\ddot{y} + b\dot{y} + c_b y + k_{c2}(0)\alpha(r) \cdot y - qx = me_1\omega^2 \sin(\omega t) \end{cases}$$

где:

m - масса ротора;

c_b - коэффициент жесткости вала;

k_{c1}, k_{c2} – коэффициенты квазиупругой жёсткости уплотнения;

me_1 - дисбаланс ротора;

ω - частота вращения ротора.

Список литературы

1. Симоновский В. И. Устойчивость и нелинейные колебания роторов центробежных машин / В. И. Симоновский. – Х. : Вища школа, 1986. – 128 с.
2. Симоновский В. И. Динамика роторов центробежных машин / В. И. Симоновский. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2006. – 126с.

Работа выполнена под руководством профессора Симоновского В. И.

ОЦІНЮВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА З УРАХУВАННЯМ ВИПАДКОВОЇ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ «РОТОР - ШПАРИННІ УЩІЛЬНЕННЯ»

Савченко А. Є., аспірантка; Тарасевич Ю. Я., доцент

Герметичність, а в більшості випадків і надійність відцентрового насоса в значній мірі визначається роботою ущільнень. У якості ущільнень проточної частини відцентрових насосів, як правило, використовуються шпаринні ущільнення. У більшості випадків забезпечити необхідну надійність відцентрових машин можливо за рахунок правильного вибору конструкції саме шпаринних ущільнень, якщо їх одночасно використовувати як гідростатичні опори, що дозволить суттєво знизити вібрації ротора.

Оскільки середній радіальний зазор, конусність, ексцентриситет та перепад тиску, що дроселюється на ущільненні, залежать від багатьох випадкових факторів, то ці параметри необхідно розглядати як випадкові величини. Крім того, в процесі роботи насоса ущільнюючі поверхні зазнають зносу, зокрема ерозійного, через що збільшується ущільнюючий зазор і змінюються гідродинамічні характеристики шпаринного ущільнення, що суттєво впливає на динамічні та витратні характеристики насоса.

Існуючі методи розрахунку гідродинамічних параметрів ущільнень використовують лише детерміновані моделі. Тому необхідне подальше розширення і поглиблення досліджень гідродинамічних процесів в ущільнюючих зазорах з метою уточнення їх якісного й кількісного впливу на динаміку роторів відцентрових машин, враховуючи, що пружні та демпферні характеристики ротора мають випадкову природу, оскільки визначаються випадковими параметрами шпаринних ущільнень, а силові фактори, що діють на ротор також є випадковими. Використання ймовірнісних методів розрахунку разом з існуючою статистичною інформацією, отриманою на етапах виготовлення та експлуатації, дозволяє прогнозувати надійність машин з урахуванням впливу основних випадкових факторів.

У роботі запропонована методика визначення надійності системи «ротор - шпаринні ущільнення» при дії випадкових зовнішніх навантажень. Показаний суттєвий вплив перепадів тиску, що дроселюються на ущільненні, та значень власних частот системи на її надійність. Отримано залежності для оцінки функції надійності системи. Через ерозійне зношування поверхонь ущільнення в процесі експлуатації насоса відбувається збільшення середнього радіального зазору (а також змінюється геометрія зазору), що з одного боку підвищує надійність системи, а з іншого зменшує її ефективність. Розроблена методика розрахунку дозволяє не лише на стадії проектування визначати надійність системи, але і визначати її зміну з урахуванням технологічних і експлуатаційних факторів.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН РАЦІОНАЛЬНИХ СКЛАДЕНИХ ПЕРЕРІЗІВ

*Холодков Р. Т., Шевчук М. М., студенти; Кондель В. М., доцент,
ПНПУ імені В. Г. Короленка, м. Полтава*

Часто на практиці стиснуті елементи деталей машин (стійки, стержні) виготовляються складеними із прокатних профілів: двотаврів, швелерів, кутників (рис.). Дослідження показали, що знаючи лише номер двотавра або швелера, можна за простою формулою

$$\alpha = CN + D, \tag{1}$$

де параметри C і D , визначені за табл., знайти відстань α між осями або стінками профілів в залежності від схеми їх розташування і достатній міцності з'єднань стиснутих елементів раціональних складених перерізів.

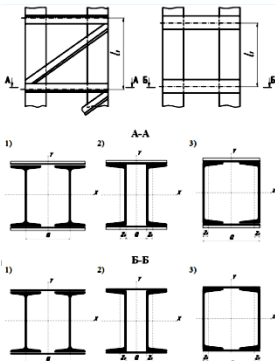


Рисунок – Варіанти
перерізів із двотаврів
та швелерів

Таблиця – Результати розрахунків параметрів C і D

№ з/п	Схема	Параметри, см		Середня похибка, %	
		C	D	арифметична, $ \delta _m$	квадратична, σ_m
1		0,781	0,362	1,42	1,94
2		0,686	-2,304	0,65	0,82
3		0,876	1,883	1,61	2,03

Для дослідження роботи цих елементів, використаємо умову стійкості з коефіцієнтом поздовжнього згинання φ :

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{\text{ст}} = \varphi \sigma_{\text{ст}}, \tag{2}$$

де σ та $\sigma_{\text{ст}}$ – робоче та основне допустиме напруження; $\sigma_{\text{ст}}$ – допустиме напруження на стійкість, F – робоча поздовжня сила; A – площа поперечного перерізу стиснутого стержня. Для сталі марки Ст 3, з якої на Україні виготовляються двотаври та швелери, коефіцієнт φ можна визначити за формулою:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{0,00453\lambda^2 + 0,00654\lambda + 0,0277\lambda^2 + 1}}, \tag{3}$$

де λ – гнучкість елемента. В свою чергу, гнучкості складених

елементів деталей машин, виготовлених із двотаврів λ_1 та швелерів λ_2 , визначаємо відповідно з рівнянь

$$\lambda_1 = \frac{\mu l}{0,39N_1 + 0,4}, \quad \lambda_2 = \frac{\mu l}{0,39N_2 + 0,05}, \quad (4)$$

де μ – коефіцієнт зведення довжини стержня, l – довжина стержня, N_1 та N_2 – номер двотавра та швелера.

Для оцінки стійкості стиснутих елементів деталей машин визначаємо коефіцієнт запасу стійкості k_{st} , який для сталі марки Ст 3 приймається не менше 1,8 і в загальному випадку дорівнює

$$k_{st} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma} \quad \text{або} \quad k_{st} = \frac{F_{cr}}{F}, \quad (5)$$

де σ_{cr} і F_{cr} – критичні або небезпечні напруження і навантаження, при яких можливе миттєве руйнування стиснутих елементів. Очевидно, що мінімальне значення коефіцієнта запасу стійкості $k_{st,min}$ складає

$$k_{st,min} = \frac{\sigma_{cr}}{\mathbf{F}_{st}^{\square}} \quad \text{або} \quad k_{st,min} = \frac{F_{cr}}{\mathbf{F}_{st}^{\square}}, \quad (6)$$

де $\mathbf{F}_{st}^{\square}$ – допустиме або безпечне навантаження на стиснутий елемент деталі машин за умовою його стійкості.

Для визначення критичних F_{cr} і допустимих $\mathbf{F}_{st}^{\square}$ навантажень на стиснуті елементи деталей машин за формулою (2) необхідно знати площі поперечних перерізів, які пропонуємо визначати з наступних рівнянь, одержаних за допомогою методу найменших квадратів, через номер двотавра або швелера (відповідно A_1 або A_2):

$$A_1 = 0,051N_1^2 + 1,4N_1 + 5,2; \quad A_2 = 0,042N_2^2 + 1,3N_2 + 4,7. \quad (7)$$

Для оцінки точності запропонованих рівнянь нами були проведені додаткові розрахунки допустимих $\mathbf{F}_{st}^{\square}$ та критичних F_{cr} навантажень, а також мінімальних значень коефіцієнтів запасу стійкості $k_{st,min}$ за умовою (6) для всіх двотаврових (№ 10...60) та швелерних (№ 5...40) перерізів у діапазонах гнучкостей стиснутих елементів від 10 до 220. Підсумкові результати свідчать про достатню для практичних розрахунків точність: середні значення відхилень складають для допустимих навантажень – $\delta_{m,F} = 2,32\%$ та $\sigma_{m,F} = 2,79\%$, для коефіцієнтів запасу стійкості – $\delta_{m,k} = 2,34\%$ та $\sigma_{m,k} = 2,82\%$.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ГІДРОАЕРОПРУЖНОСТІ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ГАЗОДИСПЕРСНОГО ПОТОКУ З ДИНАМІЧНИМИ ВІДБІЙНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Дем'яненко М. М., студентка;

Павленко І. В., асистент; Ляпощенко О. О., доцент

Газосепараційне обладнання промислових технологічних ліній та комплексів забезпечує ефективне очищення газів за умов дотримання проектних (розрахункових) значень режимних параметрів роботи. В процесі експлуатації можливе суттєве відхилення робочих показників від проектних значень. Тому задача розробки конструкцій динамічних сепараторів, які б забезпечували високу ефективність сепарації у широкому діапазоні режимів роботи, постає безперечно актуальною.

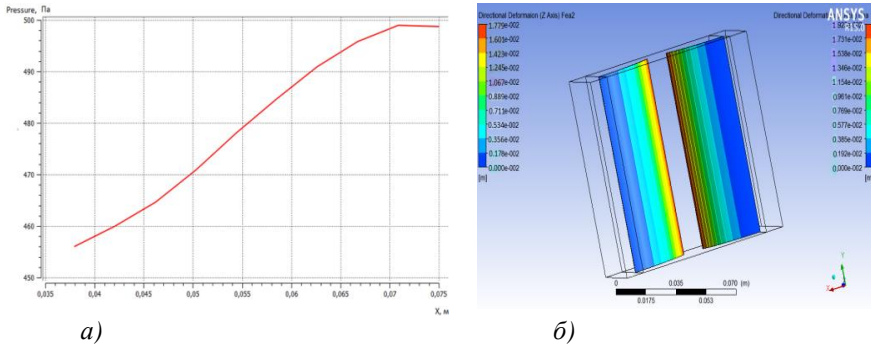
Для досягнення поставленої мети запропоновано новий спосіб сепарації, який пропонується реалізувати в гравітаційно-інерційному сепараторі, шляхом встановлення в корпус апарату пакету динамічних сепараційних елементів. Моделювання процесу взаємодії елементів з газодисперсним потоком передбачає розв'язання «пов'язаної» задачі гідроаеропружності: деформації пружної системи, що викликаються газовим потоком, в свою чергу здійснюють вплив на систему. Така постановка задачі призводить до необхідності розв'язання складної системи диференціальних рівнянь різного типу, що є можливим із застосуванням числових методів. Наприклад, програмний комплекс ANSYS Workbench, а саме його модулі Fluent Flow і Transient Structural у поєднанні засобами System Coupling дозволяють розв'язувати складні мультидисциплінарні задачі, зокрема, досліджувати взаємодію багатофазного газодисперсного потоку з деформівними пружними елементами.

У Fluent Flow розрахунок базується на розв'язанні рівнянь гідроаеродинаміки, а також рівнянь, що описують модель багатофазного потоку із зазначенням граничних умов для кожної фази і потоку у цілому, з використанням методу скінченних об'ємів. У Transient Structural розв'язується замкнута система рівнянь теорії пружності із використанням методу скінченних елементів.

У роботі розв'язується стаціонарна задача гідроаеропружності з використанням ітераційного методу. Переміщення серединної поверхні відбійних елементів апроксимується дугою кола $w(x) = R - (R^2 - x^2)^{1/2}$ і поліномом $w(x) = \sum a_k x^k$, що задовольняє граничні умови задачі (як варіант, $w = ax^2$).

Розрахунки проведено для наступних параметрів газорідного потоку на вході до газосепараційного пристрою: швидкість потоку 2-4 м/с, об'ємна частка рідини $2 \cdot 10^{-4}$ з розмірами краплин в межах 1-100 мкм. На рис. 1 наведено графік розподілу тиску газорідного потоку, що діє на відбійні елементи (для останньої ітерації), а також відповідні деформації для

середньооб'ємної швидкості газорідного потоку на вході 3,3 м/с та розміру краплин 10 мкм.



а) б)
Рисунок 1 – Результати числового розрахунку:

а – розподіл тиску газорідного потоку по довжині відбійного елемента;
б – ізоповерхні поля переміщень

Для аналітичної перевірки результатів числового розрахунку у першому наближенні застосовується рівняння Софі Жермен з використанням гіпотез Кірхгофа-Лява:

$$\nabla^4 w \approx p \overline{D} w(x), \quad (1)$$

де $w(x)$ – функція прогину; D – циліндрична жорсткість елемента.

Нормальний до серединної поверхні тиск з урахуванням рис. 1 а апроксимується лінійною залежністю $p[w(x)] = p_1 + (p_2 - p_1)x/l$, де вхідний і вихідний тиски $p_{1,2}$ залежать від прогину.

Розв’язання рівняння (1) за допомогою методів Рітца і Бубнова-Гальоркіна з урахуванням кінематичних граничних умов дозволяє отримати функцію прогину і його максимальне значення. Так, для значень вхідної швидкості потоку 3,3 м/с і розміру рідких краплин 10 мкм максимальний прогин становить 160 мм, що відрізняється від результату 178 мм, отриманого із застосуванням ANSYS Workbench (рис. 1 б) на 10%. Це свідчить про якісне співпадіння результатів у першому наближенні. Розбіжність виникає у зв’язку із лінійною постановкою задачі. Урахування значних деформацій пластини у аналітичному методі розрахунку потребує уточнення моделі з урахуванням нелінійних компонентів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на більш ретельні числові розрахунки і розробку методу аналітичного дослідження нестационарної задачі гідроаеропружності відбійних елементів у газодисперсному потоці, а також дослідження стійкості системи.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

Жулёва И. А., аспирант

В высоконапорных центробежных машинах возникают заметные деформации элементов щелевых уплотнений под действием больших перепадов давления. Поскольку протечки и динамические характеристики зависят от формы зазора, предпринимались попытки создать такие конструкции, деформации которых снижали бы протечки и улучшали бы динамические качества кольцевых дросселей.

Обеспечение требуемых деформаций передних щелевых уплотнений рабочих колес является сложной задачей. Одной из наиболее простых решений есть конструкция, представляющая собой втулку с тонкостенной цилиндрической обоймой, которая образует с корпусом полость, соединенную отверстиями с дросселирующим кольцевым зазором. В недеформированном состоянии обоймы давление по длине зазора изменяется линейно от максимального на входе до минимального на выходе. Давление в полости равно давлению в том месте зазора, где находятся отверстия. Таким образом, на обойму действует радиальный перепад давления, увеличивающийся к выходу из зазора. Радиальные деформации втулки под действием этого перепада приводят к увеличению давления в зазоре и, соответственно, в полости. В результате уменьшается перепад давления, деформирующий втулку.

Данная задача сводится к решению задачи гидроупругости. Деформация втулки изменяет распределение давления потока в щелевом уплотнении, что в свою очередь приводит к изменению деформированного состояния втулки.

Решение данной задачи представляет трудности, так как требует решения совместной деформации тонкостенной цилиндрической обоймы и параметров потока в щелевом уплотнении. Решение задачи значительно усложняется с учетом несоосности корпуса и втулки. В этом случае требуется решение трехмерных задач теории упругости и гидродинамики.

Для анализа работоспособности данной конструкции деформируемого щелевого уплотнения была осуществлена попытка моделирования его с использованием программного комплекса ANSYS. Решение задачи осуществлялось с помощью технологии решения многодисциплинарных задач (Fluid-Structure-Interaction, FSI), которая позволяет определять напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкции на основе нагрузок, возникающих при обтекании тела потоком жидкости или газа. Эта технология реализована в рамках расчетной среды ANSYS Workbench, которая позволяет передавать результаты расчётов, относящихся к разным областям физики. Использовано двустороннее взаимодействие.

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ РОТОРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБІРИНТНИХ І ДЕМПФЕРНИХ УЩІЛЬНЕНЬ

Масалітін І. О., студент

В даний час все частіше застосовуються ротори, що швидко обертаються з кутовою швидкістю в кілька десятків і сотень тисяч обертів за хвилину. Газотурбінні двигуни з високою питомою потужністю, компресори та гідронасоси з великим напором, центрифуги, - це далеко не повний перелік машин, в яких основним шляхом технічного прогресу є збільшення частоти обертання їх головного робочого органу - ротора. З цієї причини, насамперед для турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів, розробляються так звані гнучкі ротори, швидкість обертання яких вище першої або навіть другої власної частоти.

Незважаючи на досягнуті успіхи в точності балансування і застосування пружно-демпферних опор, головною проблемою швидко обертаючих роторів, залишається значна вібрація внаслідок залишкової неврівноваженості. Для гнучких роторів особливо небезпечний перехід через критичні значення швидкостей. Виникають вимушені коливання з великою амплітудою, які дуже часто стають причиною поломок роторних машин.

Іншою великою проблемою роторів, що швидко обертаються є втрата динамічної стійкості і аварії, зокрема: через газогідродинамічні збудження від високошвидкісних течій в дроселюючих зазорах безконтактних ущільнень; а також внаслідок віброударних режимів руху роторів всередині них. Газогідродинамічні сили і безконтактні ущільнення не тільки визначають межі стійкості, але і амплітуди вимушених коливань роторів.

Оскільки ущільнення безконтактного типу не мають альтернативи при великих швидкостях, виникає очевидне актуальне науково-практичне значення. Необхідна оптимізація їх параметрів з тим, щоб досягти стабілізуючого гідрогазодинамічного впливу на швидко обертаючі ротори.

Для дослідження процесів у лабиринтних ущільненнях необхідно використовувати методи обчислювальної гідродинаміки, основані на числовому методі скінченних об'ємів, що реалізовані у програмному комплексі ANSYS CFX. Розглядати задачу прецесії валу і за величиною гідродинамічних сил та моментів, що діють в ущільнювальному зазорі, оцінювати динамічні коефіцієнти жорсткості і демпфірування, та досліджувати їх вплив на динаміку ротора. Також використовувати методи планування експерименту і оптимізації для покращення гідродинамічних і ротородинамічних характеристик лабиринтних і демпферних ущільнень.

У роботі проведений обчислювальний експеримент для декількох конструкцій лабиринтних, сотових, лункових і демпферних ущільнень. Виконано порівняння їх гідродинамічних і ротородинамічних характеристик та видані рекомендації щодо оптимізації їх робочих параметрів.

Робота виконана під керівництвом доцента Загорулько А. В.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ ЗМАЩЕННЯ УПОРНОГО КОЛОДКОВОГО ПІДШИПНИКА КОВЗАННЯ

Боярський Д. П., аспірант; Кайота Д. О., студент

Однією з основних задач при розробці та експлуатації турбокомпресорних агрегатів є забезпечення осьової стійкості роторів. Упорні підшипники повинні надійно утримувати неврівноважені осьові сили, що виникають при будь-яких можливих режимах роботи турбокомпресорних агрегатів (ТКА). У процесі експлуатації ТКА відбуваються зміни в ущільнювальних зазорах у проточних частинах і відповідно відбувається перерозподіл тиску, що призводить до істотного відхилення умов роботи упорного підшипника від тих на які він проектувався.

Проблеми підвищення несучої здатності упорних підшипників присвячені численні науково-технічні дослідження, проте запропонованих заходів і рекомендацій з удосконалення виявляється недостатньо для того, щоб повною мірою компенсувати зростання навантажень на упорні підшипники і забезпечити надійну і економічну роботу цих вузлів у всьому діапазоні режимів експлуатації.

Складні умови роботи підшипників обумовлені великими окружними швидкостями на поверхні ковзання, а також змінними аеродинамічними навантаженнями, діючими на ротори і здатними при взаємодії з гідродинамічними силами в підшипнику викликати неприпустимі вібрації в турбінах, турбокомпресорах, турбохолодильних машинах та інших агрегатах. Великі окружні швидкості в підшипнику призводять до значних механічних витрат енергії, які позначається на загальних економічних втратах енергії, що в свою чергу впливає на загальні економічні показники агрегату.

Метою роботи було створення комп'ютерної (геометричної і сіткової) моделей, моделювання механізму змащення та отримання полів тисків і температур мастила в зазорі в програмному комплексі ANSYS CFX, необхідних для аналізу величини несучої здатності і теплового стану упорного колодкового підшипника ковзання. Досліджувався вплив різних конструктивних модифікацій: спеціальних скребків, які відводять нагріте мастило з термонавантаженої зони колодки підшипника, охолоджуючих каналів та важільної системи.

Робота виконана під керівництвом доцента Загорулько А. В.

ЧИСЛОВИЙ АНАЛІЗ ДВОФАЗНИХ ТОРЦЕВИХ ТА ШПАРОВИХ УЩІЛЬНЕНЬ

Бобін С. В., студент

Технологія багатофазного відкачування є єдиною промисловою технологією переробки в підводних установках. З використанням цієї технології є можливість безпосередньо перекачувати багатофазну суміш при мінімальному наборі устаткування. Багатофазні насоси також можуть використовуватись спільно з іншими технологічними схемами підводної переробки. Наприклад, в системі з частковою сепарацією здобутої рідини. В цьому випадку багатофазний насос є найкращим варіантом відкачування потоку рідини з деяким вмістом попутного газу. Якщо газ не виходить на поверхню під власним тиском, то багатофазний насос або компресор мокрого газу можуть підвищити тиск потоку газу навіть якщо в ньому присутні декілька відсотків об'ємного вмісту рідини.

У більшості випадків багатофазне відкачування є єдиною життєздатною технологією яка сприяє вирішенню екологічних проблем за рахунок зниження об'єму спалювання на факелі, відсутності систем збору викидів газу та зниженню ризику витоків з резервуарів зберігання на майданчику свердловин.

За результатами експлуатації багатофазного устаткування було виявлено, що при збільшенні об'ємного коефіцієнта вмісту газу, к.к.д. багатофазного насоса різко знижується. Очевидно, що незважаючи на економію первинних капітальних витрат, при використанні багатофазного насоса в устаткуванні по відкачуванню мокрого газу, потрібне подальше проведення додаткових заходів по покращенню його характеристик. Тому виробники такого обладнання інтенсивно працюють над поліпшенням к.к.д. насоса, що експлуатується при значеннях об'ємного коефіцієнта вмісту газу, який знаходиться в діапазоні від 95 до 99%.

Метою даної роботи є числовий аналіз структури потоку та динамічних характеристик двофазних торцевих і шпарових ущільнень для покращення робочих характеристик, підвищення надійності, енергоефективності та екологічної безпеки насосного та компресорного обладнання при багатофазному відкачуванні нафти та газу.

В роботі за допомогою програми ANSYS CFX виконано моделювання течії рідини та газу (двокомпонентне середовище – газ з невеликим вмістом крапель рідини та рідина з бульбашками газу) у дроселюючих каналах торцевих і шпарових ущільнень. Визначені динамічні коефіцієнти жорсткості та демпфірування в залежності від різного співвідношення та вмісту рідини і газу. Зроблено висновок про доцільність використання різних числових моделей двофазної двокомпонентної течії рідини.

Робота виконана під керівництвом доцента Загорулько А. В.

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ ЧИСЛОВОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРИЧНОЇ І ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ

Курилов Б. М., студент; Павленко І. В., асистент.

Процедура оптимізації є важливою складовою на етапі проектування сучасних машинобудівних конструкцій, які мають відповідати вимогам міцності, жорсткості, матеріалоемності при одночасній наявності інших обмежень – геометричних, технологічних тощо.

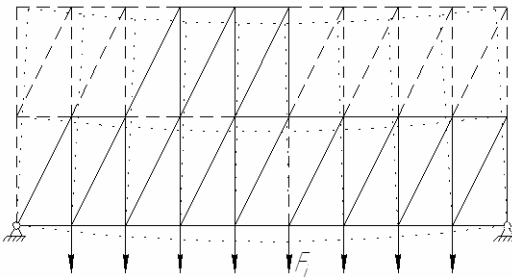
Задачі, що розв'язуються в теорії оптимального проектування, полягають у визначенні форми, внутрішніх властивостей і умов роботи конструкції, що надають екстремум обраній характеристиці. Елементами постановок таких задач є вибір моделі, керуючих функцій, функціонала, що підлягає оптимізації, та системи обмежень [1-2].

Сучасний стан розвитку потужних CAE-систем дозволяє із застосуванням числових методів проводити оптимізацію складних механічних систем. Зокрема, з використанням мови APDL розробляються пакети прикладних програм для проведення параметричної та топологічної оптимізації з використанням ANSYS Workbench і Beta-версії його модуля Shape Optimization [3].

Топологічна оптимізація сьогодні є недостатньо дослідженим напрямом, представляє науково-практичний інтерес для розв'язання задач оптимального проектування і характеризується високою розмірністю вектора параметрів системи та застосуванням оригінальних методик розрахунку [4].

У роботі із застосуванням системи комп'ютерної алгебри MathCAD 15 створений файл числової реалізації методу скінченних елементів для розрахунків плоских стрижневих конструкцій довільної конфігурації. Після введення геометричних і фізичних параметрів, задання кінематичних і силових граничних умов (закріплень і зовнішніх навантажень) у результаті розрахунку отримуються значення вузлових переміщень і внутрішніх напружень у стрижневих елементах. Застосування скінченних елементів змінної (у тому числі, нульової) ваги дозволяє реалізовувати алгоритм топологічної оптимізації, що зводиться до зменшення кількості стрижнів і, відповідно, металоємності конструкції. На кожній ітерації процедури оптимізації перевіряються умови існування рівноважного положення конструкції, міцності і жорсткості.

На рисунку показана розрахункова схема прикладу розрахунку ферми, що складається з 65 стрижневих елементів, з'єднаних 30 вузлами.



а



б

Рисунок – Розрахункова схема стрижневої конструкції (а) та алгоритм її топологічної оптимізації (б)

Пунктиром позначена форма здеформованої конструкції. Штриховими лініями виділені стрижні, рекомендовані до видалення. У результаті оптимізації металосмність конструкції зменшена на 38% з дотриманням умов міцності і жорсткості.

Список літератури

1. Баничук Н. В. Оптимізація форм упругих тел. – М. : Наука, 1980. – 256 с.
2. Болдырев А. В. Автоматизація конструювання летальних апаратів : електронне навчальне посібник / А. В. Болдырев, В. А. Комаров. – Самара : СГАУ, 2012. – 123 с.
3. Лазарева Д. В. Математичні моделі та чисельно-аналітичні методи аналізу в САПР складних асиметричних технічних систем : дисертація на здобуття наукового ступеня к. т. н. : 05.03.12 – системи автоматизації проектувальних робіт. – Одеса : ОНПУ, 2015. – 192 с.
4. Троицкий А. В. Математические модели и методы анализа чувствительности в задачах оптимизации конструкции роторов : дисертація на соискание учёной степени к. т. н. : 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. – М. : МГТУ им. Баумана, 2006. – 163 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ТРІЩИН У МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Мельник О. В., студент; Нагорний В. М., доцент

Між швидкістю росту тріщини за цикл $v = da/dN$ і коефіцієнтом інтенсивності напруження K_{\max} , що враховує одночасно величину навантаження, що діє, і геометрію зразка і тріщини, існує степенева залежність Періса $V = CK_{\max}^n$, де V - швидкість росту тріщини за цикл. Ця залежність описує ділянку середніх швидкостей розвитку тріщин і дає основну інформацію про процес утомного руйнування на стадії розвитку тріщини [1].

Взагалі діапазон зміни швидкості росту тріщини змінюється від нуля до критичного значення, що відповідає остаточному руйнуванню зразка. Можна виділити три ділянки, кожна з яких характеризується своїми феноменологічними і фізичними закономірностями розвитку тріщин: *I* – низьких ($0 < V < 5 \cdot 10^{-5}$ мм/цикл) *II* – середніх ($5 \cdot 10^{-5} < V < 10^{-3}$ мм/цикл), *III* – високих ($V > 10^{-3}$ мм/цикл) швидкостей розвитку тріщини.

Найбільш важливою є ділянка, коли спостерігається лінійна залежність у логарифмічних координатах між швидкістю розвитку тріщини і розмахом (максимальним значенням) коефіцієнта інтенсивності напруження.

Зазначена залежність була експериментально підтверджена при проведенні експериментів на моделі, яка відтворювала роторну машину.

Метою роботи було освоєння методики прогнозування стану тріщин в металевих конструкціях на основі аналізу закономірності їх розвитку. Методика роботи полягала у вимірі вібрації установки, яка відтворювала основні елементи роторної машини. Результати вимірювань являли сумарний рівень вібрації в трьох умовних станах установки (вихідному, попередньому і поточному) при цьому навантаження, які діяли на установку, поступово збільшувалися, шляхом установки вантажиків в отворі на диску установки. Далі, при аналізі результатів вимірювань, приймали, що навантаження не змінюється, а вібрація зростає за рахунок розвитку тріщини у валі ротора. При цьому визначалося: фактичне напруження з умови що показник n у формулі Періса дорівнював трьом; довжину тріщини; швидкість розвитку тріщини; коефіцієнт інтенсивності напруження і залишковий ресурс машини.

Список літератури

1. Нагорний В. М. Введення в технічну діагностику машин: навчальний посібник. Текст / В. М. Нагорний. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 483 с.

КОМП'ЮТЕРНА ДІАГНОСТИКА РОТОРНИХ МАШИН

Пархоменко Я. В., студент; Нагорний В. М., доцент

Рівень і характер шуму і вібрацій, що генеруються машиною, змінюється залежно від її стану та часу експлуатації. Обслуговування машини, яке орієнтується на ці параметри називається віброакустичною діагностикою.

Система діагностування складається з датчика, комп'ютера та програмного забезпечення. Датчик перетворює коливання в електричний сигнал. Цей сигнал подається на комп'ютер, де він піддається спектральному і логічному аналізу за допомогою спеціально розробленого для цього програмного забезпечення.

Спектр характеризує розподіл енергії коливань за частотою і знаходиться за допомогою швидкого перетворення Фур'є. Діагноз ставиться шляхом обчислення діагностичної функції, аргументами якої є відносна зміна та швидкість зміни діагностичного параметра. Прогноз довговічності здійснюється в процесі апроксимації характеру зміни в часі величини діагностичного параметра. Апроксимація проводиться за допомогою графіка функції, яка описує механіку руйнування конструкційних матеріалів.

Програмне забезпечення системи діагностування реалізується у середовищі MATHCAD. Програма створює протокол діагностування з описом ступеня критичності розвитку дефектів машини, діагноз стану машини в цілому і прогноз напрацювання машини до ремонту із зазначенням причини цього ремонту. Протоколи діагностування формуються програмою в MS Office і ілюструються графіками, які показують:

- зміну в часі діагностичних ознак до моменту досягнення ними свого граничного значення,
- зміну діагностичної функції до моменту досягнення нею періоду ремонту і відмови (поломки) машини.

Список літератури

1. М. Д. Генкин, А. Д. Соколова. Виброакустическая диагностика машин и механизмов – Москва : Машиностроение, 1987.

КОМП'ЮТЕРНА ДІАГНОСТИКА РОТОРНИХ МАШИН У ЙМОВІРНОСНІЙ ПОСТАНОВЦІ

Зименко Р. В., студентка; Нагорний В. М., доцент

Для запобігання на промислових підприємствах аварійних ситуацій необхідна розробка ефективних методів діагностики. Основне призначення діагностики - своєчасне прогнозування погіршення якості функціонування технологічного об'єкта (ТО). Зміна стану ТО пов'язано з деградаційними процесами. Деградаційні процеси відображають накопичення змін, що відбуваються в об'єкті, їх поступову інтеграцію і погіршення властивостей об'єкта. Ця сторона деградаційних процесів пояснює появу тенденції в їх зміні, тобто в існуванні детермінованої складової процесу. Вплив же безлічі факторів є причиною то прискорення, то уповільнення процесів в часі, що накладає на детермінований характер деградації випадкову складову. Тому об'єкти діагностування розглядаються як реалізація багатовимірної випадкової величини, розподіленої по якомусь закону і для їх діагностики застосовуються методи, засновані на статистичних рішеннях, які запозичені з класичної теорії ймовірностей.

Ймовірнісний метод діагностики зводиться до вирішення завдання виявлення зміни статистичних властивостей випадкового процесу, так званої задачі про «розладнання». Базові «розладнання» визначаються на основі граничного рівня збільшення систематичної і випадкової складових відхилення вимірюваних параметрів.

Метою роботи було освоєння методики комп'ютерного діагностування стану роторної машини в ймовірносній постановці. Методика роботи полягала у вимірі вібрації установки, яка відтворювала основні елементи роторної машини [1]. Результати вимірювань являли:

- сумарний рівень вібрації в трьох умовних станах установки (вихідному, попередньому і поточному);
- часову реалізацію вібрації.

Навантаження, які діяли на установку, поступово збільшувалися шляхом установки вантажиків в отворі на диску установки, а далі на базі цієї інформації визначали ймовірність відмови основних вузлів машини.

Список літератури

1. Нагорний В. М. Введення в технічну діагностику машин: навчальний посібник. Текст / В. М. Нагорний. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 483 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ У ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ANSYS ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ РОБОЧИХ КОЛІС ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА З УРАХУВАННЯМ НЕ СТАЦІОНАРНОСТІ ПОТОКУ

Гребенюк М. О., студентка; Савченко Є. М., доцент

У даній роботі розглянуто основні концепції, що пояснюють причини руйнування робочих коліс, а також проведено аналіз можливих причин поломки з урахуванням нестационарності потоку.

Відцентрові компресори – найважливіше технологічне та енергетичне обладнання для підвищення тиску і транспортування газів. Відомо, що робоче колесо є найбільш відповідальним вузлом машини. Поломка колеса під час роботи машини призводить до повної зупинки усієї машини.

Метою даної роботи є аналіз причин руйнування робочих коліс у відцентровому компресорі з урахуванням нестационарних процесів. Об'єктом дослідження є робочі колеса закритого типу. Актуальність теми полягає у забезпеченні експлуатаційної надійності відцентрових компресорів за рахунок підвищення ресурсу робочих коліс на основі дослідження нестационарних процесів у компресорах.

За допомогою програмного комплексу ANSYS можна аналізувати тривимірну картину течії, отримувати корисну інформацію практично в будь-якому місці проточної частини, у тому числі і в робочих колесах. Таким чином, можна створити віртуальний стенд для дослідження нестационарних процесів у компресорі.

Існує декілька концепцій, що пояснюють причини руйнування робочих коліс. Перша припускає, що руйнування відбувається на резонансних чи близьких до них режимах роботи робочого колеса. Друга концепція виходить з того, що руйнування відбувається через циклічний характер напружень та високу їх концентрацію у місцях зародження та розвитку втомних тріщин.

Нестационарні процеси можна поділити на дві групи: аеродинамічні процеси, для яких несуттєвий зв'язок між аеродинамічними та пружними характеристиками системи, та аеропружні процеси, для яких основну роль відіграє зв'язок між аеродинамічними характеристиками елементів проточної частини та характеристиками пружності елементів конструкції компресора.

За результатами досліджень було виявлено, що напруження у робочому колесі недостатні аби викликати втомні тріщини, крім того, напрацювання компресора складало більш ніж 1000 годин, тому концепцію, що причиною поломки робочих коліс є втомні тріщини, було відкинуто.

Проведені дослідження дозволили краще зрозуміти процеси, що відбуваються у проточній частині відцентрового компресора, провести розрахунки тривимірного нестационарного турбулентного потоку в відцентровому компресорі на основі розв'язання нестационарного рівняння Нав'є-Стокса та зробити попередні висновки про можливу причину руйнування робочого колеса.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РОБОЧИХ КОЛІС ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА

Кириленко В. В., студент; Савченко Є. М., доцент

Відцентрові компресори (ВК) різних типів широко використовуються в хімічній, нафтовій, газовій та інших галузях промисловості. Компресори можуть бути одно- або багатоступеневими і, відповідно, можуть мати одне або більше робочих коліс (РК), залежно від параметрів компресора. Характерними конструктивними особливостями РК є просторовість форми всіх елементів і наявність зон різкої зміни форми в місцях переходу від лопатки до диска, тобто конструктивних концентраторів напружень. Поломка РК під час роботи машини призводить до повного виходу з ладу всієї машини. До поломки робочих коліс можуть призводити вимушені коливання в проточних частинах ВК. Уміння правильно відбудуватися від резонансних частот в проточній частині ВК дозволяє зменшити можливість передчасного руйнування РК. Щоб уникнути руйнування РК доводиться застосовувати спеціальні конструктивні рішення, наприклад, такі як виконання «ромашки» на дисках РК - технологічно незручну операцію, що зумовлює погіршення газодинамічних показників ЦК.

Є дві основних концепції, що пояснюють причини руйнування коліс. Перша припускає, що руйнування відбувається на резонансних або близьких до них режимах роботи РК. Друга концепція виходить з того, що руйнування відбувається через циклічного характеру напруг і високої їх концентрації в місцях утворення та розвитку втомних тріщин.

Для пояснення причин пошкодження робочих коліс необхідно провести комплекс чисельних досліджень характеристик міцності коліс, модальний аналіз коливань робочих коліс, аналіз взаємодії між ротором і статором, а також, на першому етапі, за відомим залежностям, визначити значення акустичних частот, що виникають у пазах робочих коліс. Проведення таких досліджень дозволяє побудувати діаграми взаємодії та діаграми для аналізу гармонійних збуджуючих впливів на робочі колеса ВК від внутрішніх елементів компресора та від аероакустичного впливу. За побудованими діаграмами можна буде провести оцінку причин пошкодження РК компресора.

У представлений роботі даний підхід реалізований на прикладі аналізу причин руйнування РК змінної проточної частини компресора газоперекачувального агрегату виробництва СМНВО ім. М.В. Фрунзе. За отриманими результатами зроблені відповідні висновки.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА LABVIEW ДЛЯ СБОРА, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Благодарь Ф. И., студент; Савченко Е. Н., доцент

Использование автоматизированного измерительного комплекса в составе экспериментального стенда при проведении различных научных исследований позволяет повысить не только эффективность выполняемых исследований и достоверность получаемых результатов, но и исключает так называемый «субъективный фактор» посредством полной автоматизации процесса сбора, хранения и обработки информации.

Для оснащения экспериментальных стендов предлагается специальная компьютеризированная измерительная система, которая будет позволять автоматически регистрировать, сохранять в памяти и накапливать на носителях результаты одновременных измерений всех контролируемых в процессе исследований параметров.

Для измерения любых физических параметров используется соответствующая измерительная аппаратура. Современная цифровая аппаратура, созданная на базе микропроцессорной техники, позволяет достаточно легко создавать различные измерительные системы, однако ее стоимость делает ее недоступной для широкого применения. Поэтому для измерения всех исследуемых параметров предлагается использовать имеющуюся в эксплуатации и доступную измерительную аппаратуру, имеющую выход измерительного сигнала в виде напряжения постоянного тока, пропорционального величине измеряемого параметра. Для аналого-цифрового преобразования и ввода всех измерительных сигналов в ПЭВМ в системе предполагается применение имеющегося 8-канального аналого-цифрового преобразователя (АЦП) фирмы National Instruments.

Создание измерительной системы предлагается на базе применения для сбора, обработки и анализа измерительной информации программного комплекса LabVIEW, являющегося идеальным программным средством для создания систем измерения, а также систем автоматизации управления на основе технологии виртуальных приборов. LabVIEW-программа в комплексе с такими аппаратными средствами, как многоканальные измерительные аналого-цифровые преобразователи, а также измерительные приборы, подключаемые к компьютеру через стандартные интерфейсы, позволяет разрабатывать системы измерения, контроля, диагностики и управления практически любой сложности.

Созданную компьютеризированную измерительную систему можно эффективно использовать при проведении исследований в лаборатории кафедры общей механики и динамики машин, в частности, динамики роторов, где требуется одновременная регистрация и анализ достаточно большого количества различных физических параметров.

ТЕРМОПРУЖНИЙ НАПРУЖЕНИЙ СТАН БАГАТОШАРОВОГО ЦИЛІНДРА З ДЕФЕКТАМИ СТРУКТУРИ

Почкун Є. М., студент; Міхалько А. Ю., студент; Дейнека А. В., асистент

На основі класичної теорії пружності анізотропного тіла порівнюється напружено-деформований стан багатошарового товстостінного циліндра кінцевої довжини з дефектами структури при дії внутрішнього тиску і температури. Для цього розв'язується двовимірною термопружна задача. Циліндр навантажений по циліндричним поверхням $r = r_a$ і $r = r_b$ стаціонарними температурними навантаженнями $t_a(z)$ і $t_b(z)$ і рівномірно розподіленим по коловій координаті навантаженнями $q_a(z)$ і $q_b(z)$. Вважається, що температурне навантаження і заданий по лицьовим поверхням тиск вісесиметричний відносно поздовжньої осі циліндра. При цьому інтенсивність тиску змінюється вздовж меридіану і залежить від координати z . Циліндр має кінцеву довжину l , а на його торцях виконується умови вільного обпирання або жорсткого закріплення.

Для розв'язання поставленої задачі були складені рівняння рівноваги, фізичні та геометричні співвідношення, а також рівняння теплопровідності. За допомогою добре відомого підходу, побудованого на основі сплайн-апроксимації розв'язків у напрямі утворюючої, розглянута задача зводиться до одновимірної. Розв'язання отриманої системи звичайних диференціальних рівнянь знаходиться за допомогою розкладання наведених розв'язків у ряди Тейлора у радіальному напрямку відповідно для кожного шару циліндричної оболонки. Доповнюючи отриману систему алгебраїчних рівнянь механічними та температурними граничними умовами ідеального та неідеального контакту у точках сполучених поверхонь сусідніх шарів, неважко отримати остаточний розв'язок задачі.

Слід зазначити, що між різницею переміщень точок сполучених поверхонь сусідніх шарів і дотичними напруженнями у поздовжньому напрямку існує залежність $u^{i-1}(\tau_i, z) - u^i(\tau_i, z) = k^i \tau_{rz}^i$. У загальному випадку k^i – заданий параметр, який визначається шляхом чисельних та експериментальних досліджень. Як граничні значення з цього рівняння постають два варіанти: $1/k^i = 0$ – спостерігається ідеальне прослизання суміжних шарів, $k^i = 0$ – ідеальний контакт. Вважається, що радіальні напруження й переміщення при переході через поверхню розділу шарів стрибка не мають.

Проведені чисельні розрахунки для багатошарового циліндра з врахування неідеального контакту шарів. Запропонований алгоритм розв'язання, розглянутого класу задач, дозволяє отримувати розрахункові дані для оцінки впливу фізико-механічних характеристик окремих шарів на термопружний деформований стан неоднорідного по товщині циліндру.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МАЛОВИТРАТНОЇ ТУРБИНИ СТРУМИННО-РЕАКТИВНОГО ТИПУ

Лошиць Л. Р., студентка; Бережний О. С., асистент

Величезний потенціал у вирішенні проблем енергозбереження закладений в утилізації вторинних енергоресурсів. Створення струминно-реактивних пневмоагрегатів сприяє вирішенню цієї проблеми та науково-технічної задачі впровадження надійного, конструктивно простого та енергозберігаючого устаткування в різних галузях промисловості, зокрема, в якості пневмопривода шарових кранів магістральних газопроводів.

З 80-х років минулого століття струминно-реактивна турбіна почала використовуватися у якості силового елемента пневмоагрегатів. Саме з цього часу почалося детальне вивчення процесу роботи та створення перших методик розрахунку, які базувалися на рівнянні нерозривності, рівнянні збереження енергії, рівнянні кількості руху та моменту кількості руху, рівнянні стану газу.

Набутий теоретичний та експериментальний матеріал дозволив створити напівемпіричну методику розрахунку основних параметрів та характеристик струминно-реактивної турбіни, яка базується на визначенні основних залежностей та змінних за допомогою характерних коефіцієнтів: опору обертання $K_{o.o}$ (або c_x), витoku $\alpha_{\text{внт}}$, витрати сопла μ тощо. Керуючись даною методикою можна знаходити основні інтегральні залежності (момент на валу, ККД, потужність) не досліджуючи при цьому картину течії у газовому тракту турбіни.

З розвитком обчислювальної гідроаеромеханіки та зростаючою популярністю програмних комплексів, що числовим способом розраховують рівняння руху рідини/газу, стало можливим дослідження структури течії та розподілення основних термогазодинамічних параметрів у робочому колесі струминно-реактивної турбіни. Досконалість газового тракту визначається коефіцієнтом відновлення повного тиску σ , значення якого дає змогу правильно підібрати співвідношення площ критичних перерізів підвідного та тягового сопла. Тому для його правильного визначення та отримання максимального значення слід на етапі проектування розрахувати кожен характерну ділянку газового тракту, та отримати інформативні картини течії газу. В подальшому ділянки, що найбільш негативно впливають на структуру потоку, необхідно досліджувати окремо.

У програмному комплексі FlowVision був виконаний розрахунок базового та покращеного варіантів колеса струминно-реактивної турбіни. У результаті для пускового режиму були отримані картини течії та основні термогазодинамічні параметри робочого тіла, відпрацьована методика чисельного розрахунку газового тракту. Результати розрахунку з достатньою точністю співпали з експериментальними дослідженнями (відносна похибка визначення пускового моменту числовим способом склала менше 5%).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РОТОРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАБІРИНТНИХ І ДЕМПФЕРНИХ УЩІЛЬНЕНЬ

Пилипенко В. В., аспірант

Відцентрові компресори широко використовуються у багатьох галузях промисловості. Для цих машин характерною є стійка тенденція до збільшення робочих параметрів: тиску, продуктивності, частоти обертання ротора та ін. У процесі створення таких машин одними з першорядних задач є зниження вібрацій та розробка надійних та герметичних ущільнень. У зв'язку з цим виникає необхідність оптимізації ротородинамічних характеристик ущільнень компресорів для більш надійного прогнозування вібраційного стану та розробки принципово нових конструкцій, що забезпечують економію енергії та перекачуваних продуктів, а також екологічну безпеку компресорного обладнання.

В умовах стрімкого розвитку в області обчислювальної техніки, а також постійного вдосконалення та корегування математичних моделей і методів розрахунку в спеціальних програмних комплексах, здатних в певній мірі моделювати фізичний експеримент, у «руках» сучасного дослідника зосереджений значний інструментарій для здійснення пошуків розв'язання нагальних технічних задач. Проте цей факт ніяким чином не применшує ролі фізичного експерименту у дослідженні впливу ущільнень на динаміку роторів відцентрових машин.

Метою роботи була розробка експериментальної установки для досліджень динамічних характеристик лабиринтних і демпферних ущільнень компресорів високого тиску. При розробці установки автори спиралися на досвід експлуатації роторних машин у газовій та хімічній промисловості. При проведенні експериментальних досліджень необхідно отримати ротородинамічні характеристики ущільнень різних конструкцій та типів, таких як лабиринтні, лункові, стільникові, тощо.

У роботі наведена принципова схема та опис експериментального стенду для комплексних досліджень робочих характеристик лабиринтних і демпферних ущільнень.

Робота виконана під керівництвом доцента Загорулько А. В.

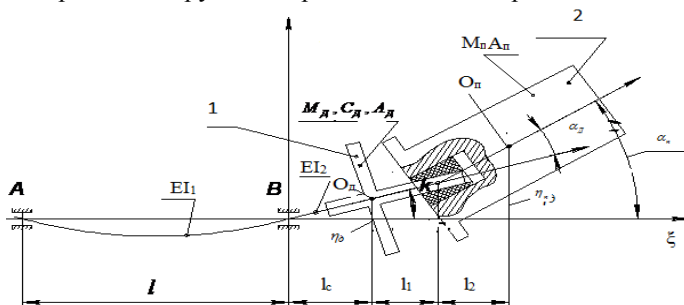
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВЕРЕТЕНА ТА НАМОТУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КРУТИЛЬНОГО МОДУЛЮ МАШИНИ КОЭ – 315 ІКМ НА ЇХНІ ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Акимов О. О., доцент; Буленок Г. О., магістр;
Власенко О. В., студент ЧНДТУ, м. Чернігів*

Підвищення продуктивності машин неможливе без фундаментальних досліджень динамічних процесів які протікають під час здійснення технологічного процесу. Важливим видом обладнання для кручення поліамідного корду є однопроцесні машини типу КОЭ -315. Основними вузлами машин є крутильно-звивальне веретено та намотувальний механізм [1].

Крутильно- звивальне веретено забезпечує за один оберт крутильного диску два кручення ниток та з'єднання їх в комплексну кордну нитку. Веретено складається з крутильного диску закріпленого на валу та нерухомого паковкотримача, який розташований на тому ж валу.

Динамічна модель складається з двох мас положення кожної з них визначається чотирма узагальненими координатами. Математична модель, що описує вільні коливання веретена, є система з восьми диференціальних рівнянь другого порядку [2]. Модель враховує наявність пружних опор шпинделя веретена та пружного кріплення паковкотримача.



1 – крутильний диск; 2 – паковкотримач

Рисунок 1 – Динамічна модель крутильно-звивального веретена

Приймально-намотувальний механізм контактного намотування нитки, призначений для прецизійного намотування крученої нитки на нитконосій (патрон). Механізм складається з: фрикційного циліндру для обертання бобінотримача; що складається з двох важелів, з «грибками» для кріплення патрона з торців, та механізму розкладки нитки.

Положення бобінотримача на важелі при коливаннях визначається однією узагальненою координатою – кутом повороту важеля.

Математична модель вимушених коливань механізму є диференціальне рівняння другого порядку з перемінними інерційними та геометричними

параметрами, дослідження якого проводилося для дискретних значень параметрів.

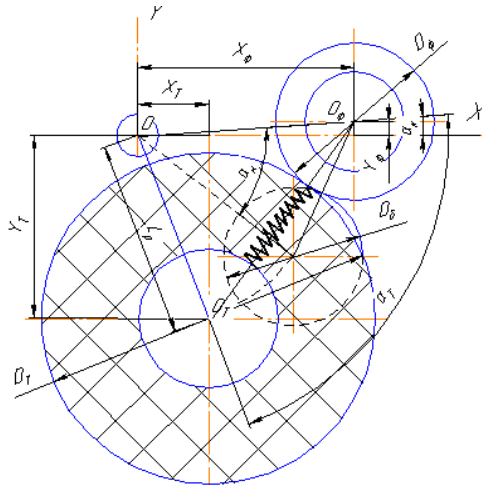


Рисунок 2 – Динамічна модель намотувального механізму

Дослідження математичної моделі вільних коливань крутильно-звивального дозволили визначити вплив основних його параметрів на критичні швидкості веретена та рекомендувати параметри гумової втулки кріплення паковкотримача, які забезпечують верхню границю частотного діапазону веретена на 45 % вище паспортного (4500-7000) об/хв.

Дослідження математичної моделі кінестатичних характеристик намотувального механізму дозволили визначити вплив основних його параметрів на характеристики та рекомендувати жорсткість пружини - $C_y = 25 \text{ Н*м/рад.}$, та початковий кут її закручування 0.725 рад. , що забезпечують необхідний закон статичної сили притискування за весь цикл намотування.

Дослідження математичної моделі вимушених коливань намотувального механізму дозволили визначити вплив основних його параметрів на динамічну складову сили притискування, яка в рекомендованому діапазоні робочих частот не перевищує величини 20 Н , що складає 10% від статичної, що є допустимим та забезпечує підвищення швидкості намотування нити з 18 до 25 м/хв.

Список літератури

1. Коротеева Л. И. и др. Технологическое оборудование заводов химических нитей и волокон / Л. И. Коротеева, О. Н. Озерский, А. П. Яскин – М.: Легпромбытиздат. 1987. – 400 с.
2. Коритынский Я. И. Динамика упругих систем текстильных машин. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982.

РОЗРАХУНОК НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗВАРНОВАЛЬЦОВАНИХ КАНАТНИХ БЛОКІВ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.

Сафронов Д. С., студент;

Василенко В. М., ст. викладач, НМетАУ, м. Дніпропетровськ

Об'єктом розробки є канатні блоки, вживані у поліспастих системах металургійних кранів. Мета роботи – збільшення коефіцієнту використання металу, зниження металоємкості і зменшення собівартості виготовлення, що досягається розробкою нової конструкції зварновальцьованих канатних блоків замість литих. Розглянуті питання розрахунку і проектування зварновальцьованих канатних блоків, взаємозамінних з литих [1].

Зварновальцьований канатний блок (рис.1) виготовляється з вальцьованого обода 1, спиць 2, маточини 3 з товстостінної труби, зварених між собою. Сталевий канат 4 має зусилля T та відхиляється від площини блока на кут γ (дев'яція каната), B – ширина обода, S – товщина обода, S_{\square} , B_{\square} – розміри спиці.

Аналіз конструкції зварновальцьованого блока (рис. 1) показав, що дослідження напружено-деформованого стану (НДС) його елементів є просторовою задачею теорії пружності. Розрахунок на міцність блока ускладнюється наявністю зварних з'єднань.

Проведений аналіз літератури [2, 3] показав, що аналогічні конструкції розраховують, як правило, на основі методів будівельної механіки стрижневих систем.

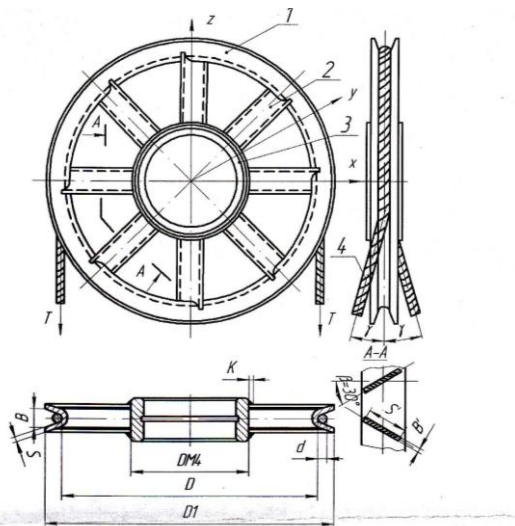


Рисунок 1 – Зварновальцьований канатний блок

У якості розрахункової схеми прийнята стрижнева рамна система навантажена просторовою системою сил (рис.2).

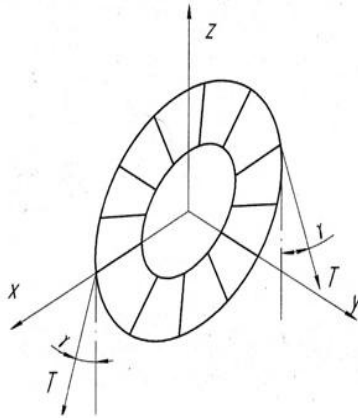


Рисунок 2 – Розрахункова схема.

Для визначення НДС системи використаний метод кінцевих елементів у переміщеннях.

Комп'ютерна програма дозволяє варіювати наступні параметри: геометричні розміри блока; кількість спиць, натяг каната, кут девіації каната; кут поворота блока; кут охоплення блока канатом.

Проведені розрахунки напруження в елементах блока та їх порівняння з допустимими.

Висновки:

1. Конструкція зварновальцованих канатних блоків рекомендуються для використання замість литих.
2. Розрахунки на міцність зварновальцованих канатних блоків доцільно проводити методом кінцевих елементів.

Список літератури

1. Василенко В. Н. Сварновальцованне канатне блоки. Конструкция и технология изготовления // Підйомна-транспортна техніка: науково-технічний та виробничий журнал. – Дніпропетровськ, 2010. - №1 – С.56-61.
2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер.с англ. – М. : Мир, 1986.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике – М. : Мир, 1975.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ШВИДКОСТЕЙ МОДЕЛЬНОГО РОТОРА В ПРУЖНИХ ОПОРАХ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ

Марусенко О. М., студент;
Мартиненко Г. Ю., доцент, НТУ «ХПІ», м. Харків

Досліджується модельний ротор лабораторної установки [1, 2]. Метою роботи є методологія чисельного визначення критичних швидкостей цього ротора у магнітних підшипниках та верифікація методики за допомогою експериментальних даних.

Побудовано дві моделі ротора, відмінність яких полягає в різних геометричних розмірах вала ротора, формах оптичного датчика та місцях розташування складових моделі (рис. 1).

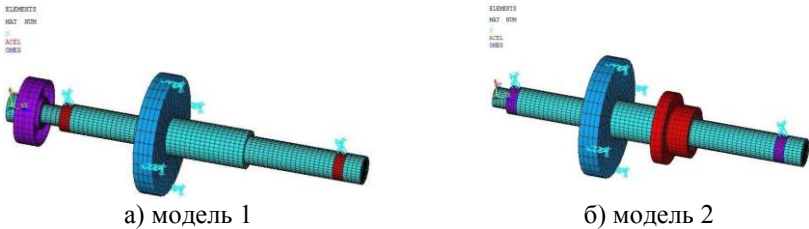


Рисунок 1 – Моделі ротора

Моделювання проведено за допомогою програмного комплексу скінчено-елементного аналізу [3]. Розроблено макрос, що дозволяє параметрично вирішувати задачу знаходження критичних швидкостей обертання. Для обох моделей розраховано напружено-деформований стан, визначено власні частоти коливань та критичні швидкості обертання. Діаграми Кемпбелла для пошуку критичних швидкостей обертання ротора зображено на рисунку 2.

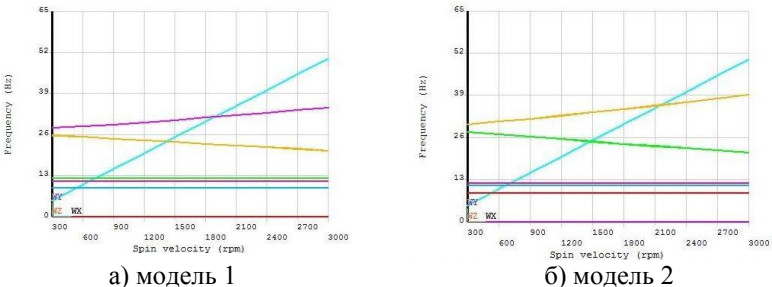


Рисунок 2 – Діаграма Кемпбелла для пошуку критичних швидкостей обертання ротора

Результати розрахунків наведено у таблиці 1. Максимальна похибка розрахунку власних частот коливань для першої моделі, склала 3,31 % порівняно з експериментальними даними. Тоді як для другої – 3,35 %.

Таблиця 1 – Власні частоти коливань і критичні швидкості ротора

	Результати розрахунків в ANSYS		Експериментальні дані		Похибка,%	
	Мод. 1	Мод. 2	Мод. 1	Мод. 2	Мод. 1	Мод. 2
Власні частоти коливань ротора, (Гц)	9,22	8,8599	9,21	8,87	0,11	0,11
	11,139	11,144	10,77	10,79	3,31	3,18
	12,183	11,931	11,91	11,72	2,24	1,77
	25,364	27,685	24,59	26,83	3,05	3,09
	27,509	29,136	26,62	28,16	3,23	3,35
Критична швидкість обертання ротора, (2 π рад/с)	9,22	8,86	9,2	8,9	0,22	0,45
	11,09	11,097	10,75	10,76	3,07	3,04
	12,182	11,93	11,9	11,71	2,32	1,84
	23,366	24,272	22,6	23,5	3,28	3,18
	31,596	34,994	30,9	34,2	2,2	2,27

Максимальна похибка результатів розрахунків критичних швидкостей обертання ротора для першої моделі становить 3,28 %, для другої – 3,18 %. Порівняння отриманих результатів з експериментальними даними свідчать, що створений програмний продукт у вигляді макросу є придатним для проведення розрахунків такого типу.

Аналіз результатів розрахунків та експериментальних даних довів, що обидві моделі можуть застосовуватися для подальшого аналізу динамічної поведінки роторів.

Список літератури

1. Мартиненко Г. Ю. Критичні швидкості обертання ротора експериментальної моделі в пасивних радіальних і активному осьовому підшипниках / Г. Ю. Мартиненко // *Машинознавство*. – Львів: Кінпатрі Лтд. - 2009. – №3(141). – С. 28-33.

2. Мартыненко Г. Ю. Методика експериментальних исследований динамики модельного ротора в комбинированном магнитном подвесе / Г. Ю. Мартыненко // *Вісник НТУ «ХП»*. Зб. наук. праць. Серія: Динаміка і міцність машин. - Х.: НТУ «ХП». - 2013. - № 58(1031). - С.125-135.

3. Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А.Олферьева // *Практ. Руководство*. - М.: Елиторіал УРСС. - 2003. - 272 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОРТОПЕДИЧНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ ПЕРЕЛОМІВ КІСТОК ПЕРЕДПЛІЧЧЯ

*Лимаренко О. М., доцент, заст. директора інституту медичної інженерії;
Стаканов А. Д., студент, ОНПУ, м. Одеса*

В сучасних умовах одним із достовірних методів дослідження різноманітних конструкцій в медицині і в інших галузях людської життєдіяльності, є метод комп'ютерного моделювання, або комп'ютерний експеримент, основу якого складають чисельні методи (метод скінченних різниць, метод граничних елементів, метод скінченних елементів та інші) [1,3].

Із літературних джерел відомо, що переломи кісток передпліччя складає 5 – 15 % випадків від всіх переломів сегментів кінцівок.

Огляд досліджень [2] вказує, що із альтернативних апаратів для черезкісткової фіксації переломів явними перевагами володіють стержневі апарати фіксації (рис. 1).

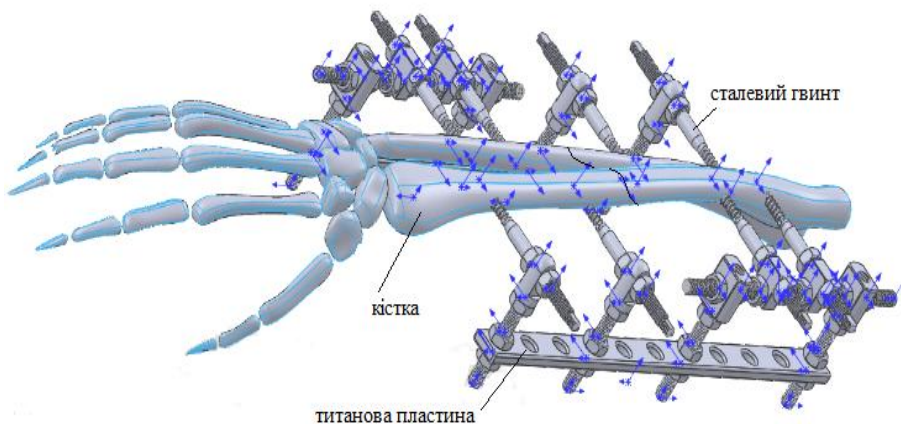


Рисунок 1 – Розрахункова модель досліджуваного об'єкту

Результати чисельного експерименту дозволили зробити ряд висновків:

Відносна деформація стрижневого апарату

Модель із стержневих скінченних елементів

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,0267}{235} = 1,136 \cdot 10^{-4}$$

Модель із об'ємних скінченних елементів

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,0243}{235} = 1,034 \cdot 10^{-4}$$

Зіставлення числових значень напружень і переміщень, отриманих при скінченно-елементному аналізі досліджуваних конструкцій із стержневих елементів, з відповідними значеннями цих величин, отриманими при розрахунку з використанням об'ємних елементів, дозволяє зробити висновок про достовірність припущень, які були прийняті на етапах геометричного і скінченно-елементного моделювання. Цей висновок, мабуть, буде справедливим і щодо граничних умов, а також величин і характеру прикладання зовнішніх навантажень.

Список літератури

1. Калініченко П. М. Напружений стан товстостінного циліндра з концентраторами. / П. М. Калініченко, О. М. Лимаренко, Ю. В. Зяблов – Праці Одеського політехнічного університету – 2006. - №2 (26). – с. 20 – 23.
2. Патент на корисну UA 87293 Пристрій для черезкісткового остеосинтезу діафізарних переломів кісток передпліччя / Бодня О. І., Баккар Тарек. 10.02.2014.
3. Кравчук В. С. Влияние конструктивно-технологических факторов на коэффициент запаса прочности поверхностно-упрочненных деталей машин / В. С. Кравчук, А. М. Лимаренко – Праці Одеського політехнічного університету – 2006. – №1(25). – с.14 – 17.

СОПОСТАВЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ АНАЛИТИЧЕСКИМ И ГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБАМИ

*Бражник Б. А., учащийся, школа № 6;
Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ*

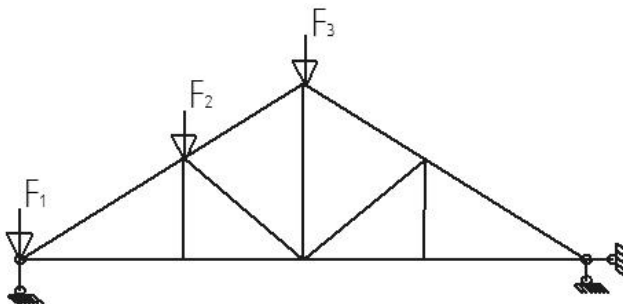


Рисунок – Расчетная схема фермы

Усилия определялись в верхнем и нижнем поясах фермы, элементах решетки. Аналитическим способом – «вырезанием» узлов и «моментной» точки. Графическим – способом «силовых» многоугольников и диаграммой Максвелла-Кремоны. При рассмотрении способа «вырезания» узлов применялся универсальный метод сечений, составлялось два независимых уравнения статики с учетом порядка их рассмотрения. Предварительно определялись опорные реакции в шарнирно-подвижной и неподвижной опорах.

Способ «моментной» точки позволяет проводить секущую плоскость через 3 стержня фермы в отличие от 2 стержней при «вырезании» узлов. Рассматривая «силовые» многоугольники следует обратить внимание на их замкнутость и порядок построения. Важно выбрать оптимальные масштабы: линейный и силовой. Порядок построения «силовых» многоугольников для узлов фермы аналогичен способу «вырезания» узлов.

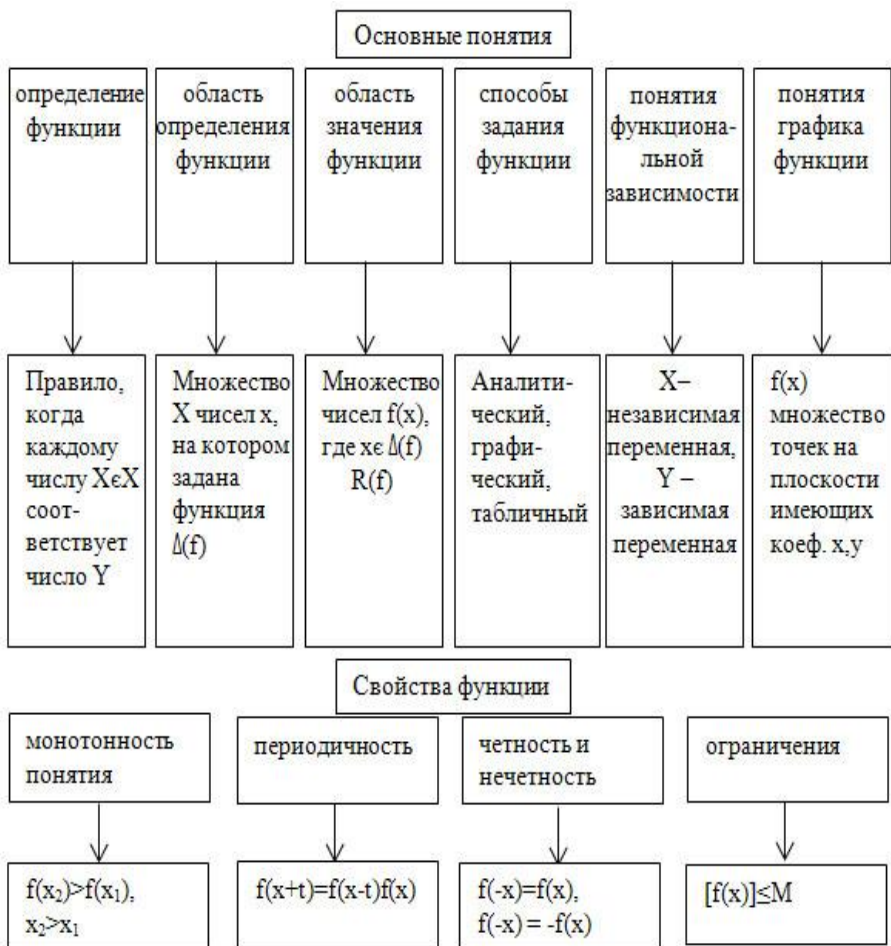
При рассмотрении диаграммы Максвелла-Кремоны рассматривают внутренние и внешние контура фермы, обозначая их буквами а, б, в и т. д., цифрами 1, 2, 3 и т.д. После нахождения усилий в элементах фермы различными способами составлялась таблица сравнения результатов расчета.

Рассматривались преимущества и недостатки каждого способа: аналитического и графического. Вычерчивался лист формата А-1.

ВАРИАНТЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В БЛОКОВОЙ ФОРМЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ, СВОЙСТВ, ВИДОВ, АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ, ГРАФИКОВ ФУНКЦИЙ

*Демянчук Е. В., учащийся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;
Жулев А. А., аспирант, СумГУ, г. Сумы*

Изучение раздела, функций, при различных вариантах изложения возможно обобщить и систематизировать. Один из вариантов представлен в данной работе.



Виды функций	Аналитические выражения
линейная	$y=ax+b$
обратная	$x=\sqrt{y}$
квадратичная	$y=ax^2+bx+c$
показательная	$y=a^x$
логарифмическая	$y=\log_a x$
степенная	$y=x^a$
тригонометрическая	$y=\sin x, y=\cos x, y=\operatorname{tg} x, y=\operatorname{ctg} x$
гиперболическая	$y=e^x$
Обратная тригонометрическая	$y=\arcsin x, y=\arccos x, y=\operatorname{arctg} x, y=\operatorname{arcctg} x$

Дано графическое представление предложенных функций. Отдельно показаны условные обозначения:

X – некоторое множество чисел;

$\Delta(f)$ – область определения функции;

(f) – область значения функций;

t - период функции;

M – постоянные числа;

ϵ - принадлежит.

АНАЛИЗ ВЕЛИЧИН И НАПРАВЛЕНИЯ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ТРЕХШАРНИРНОЙ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ АРКЕ

Лисовенко А. В., учащаяся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;
Лисовенко Д. В., аспирант, СумГУ, г. Сумы

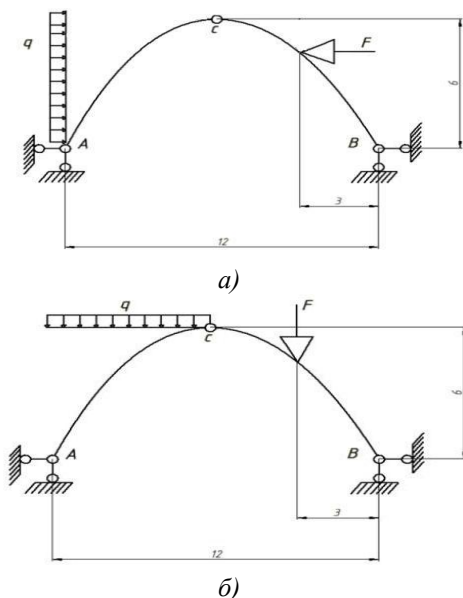


Рисунок – Трехшарнирная статически определимая арка с вертикальным (а) и горизонтальным (б) нагружением

В работе рассмотрено 3 задачи: с вертикальным и горизонтальным нагружением внешними силовыми факторами q и F . Менялась стрела подъема арки, а также расположение пят арки.

Вначале определялись степень статической неопределенности $L = \text{Соп} - 3$. Наличие шарнира в ключе арки дает возможность составить одно дополнительное, независимое уравнение статики, отдельно для левой или правой части арки. Поскольку рассматриваемая расчетная схема относится к плоской системе произвольно расположенных сил, составлялось три уравнения $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum X = 0$. После определения величин опорных реакций выполнялась проверка. Составляя алгебраическую систему моментов всех внутренних и внешних сил относительно любой точки на кривой арки. Далее проводился анализ величин и направления опорных реакций для различных высот арки. Для более детального изучения изменения величин V , H составлялась программа в комплексе «MATHCAD».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВСФ В ЖЕСТКОМ ЗАКРЕПЛЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЛОМАНОГО БРУСА

*Ляшенко Д. С., учащийся, школа № 6;
Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ*

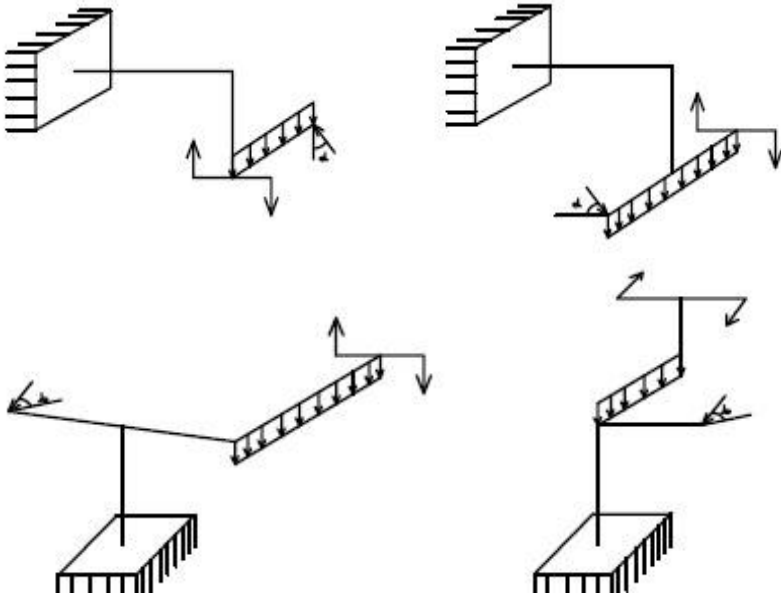


Рисунок – Пространственные системы произвольно расположенных сил

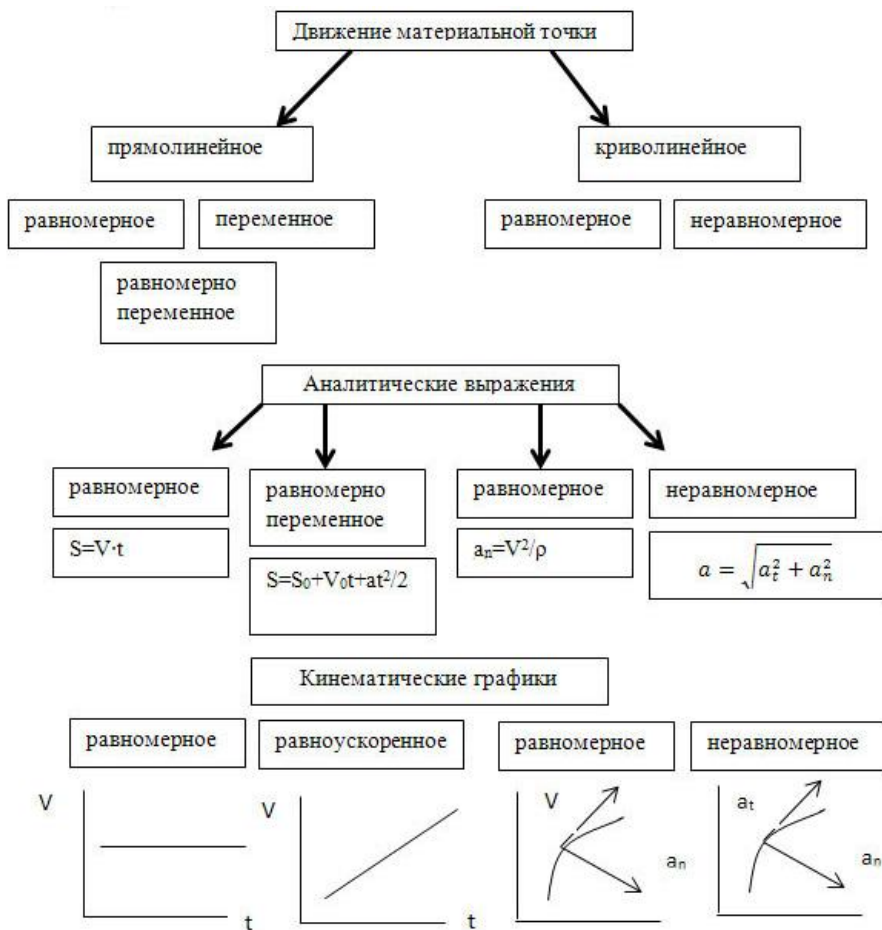
Рассматривались четыре задачи, которые относятся к пространственной системе произвольно расположенных сил и следовательно необходимо составить шесть независимых уравнений статики. $\sum X = 0$; $\sum Y = 0$; $\sum Z = 0$; $\sum M_x = 0$; $\sum M_y = 0$; $\sum M_z = 0$. Для удобства решения в жестком закреплении проводились ортогональные оси x , y , z , они же намечались в каждом узле ломаного бруса. Определялись компоненты силы F на соответствующие оси. Составление уравнений проводилось со свободной части бруса. После совместного решения предложенных уравнений выполнялась проверка правильности нахождения проекции главного вектора и главного вектора момента. Следует отметить принципиальную разницу между плоской и пространственной системой произвольно расположенных сил, заключающуюся в количестве составленных независимых уравнений статики, а также в определении реактивного момента: относительно точки и оси. При решении использовался принцип: освобожденности от связей, независимости действия сил.

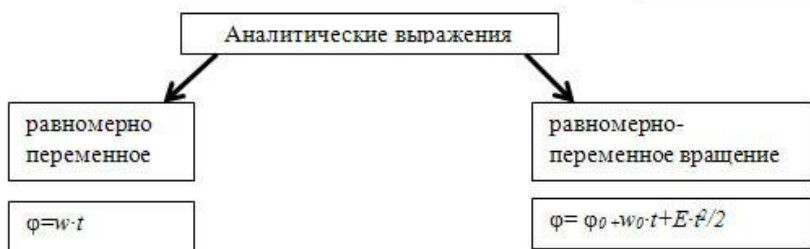
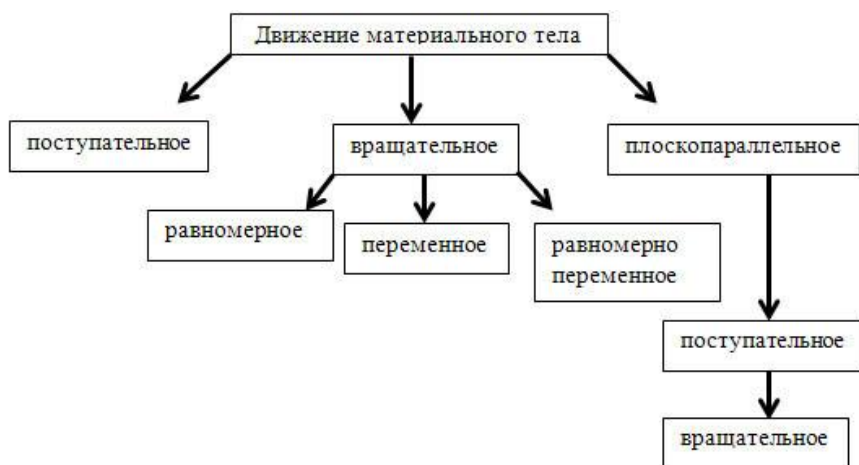
ВАРИАНТ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ КИНЕМАТИКИ В БЛОКОВОЙ ФОРМЕ

Налимова П. Н., учащаяся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;

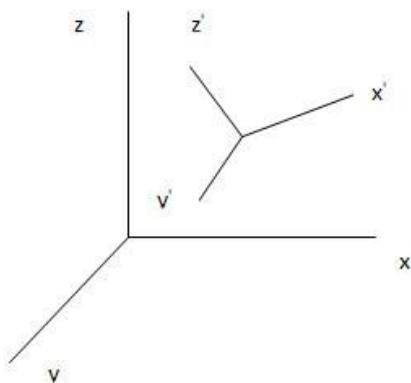
Скорик А. В., научный сотрудник СМПО им. М. В. Фрунзе, г. Сумы

Для лучшего осмысления данного раздела теоретической механики предложен следующий порядок: вначале рассмотреть движение материальной точки, затем тела и сложное движение.





Сложное движение



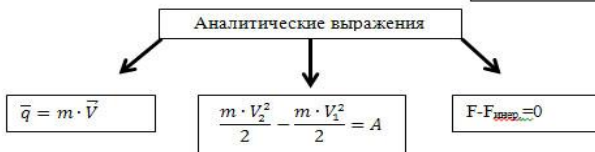
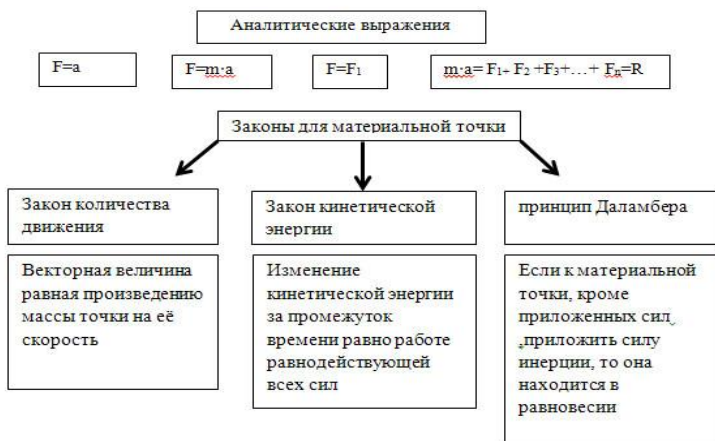
Даны кинетические величины:
 скорость – V , путь – S ,
 ускорение – a , время – t ,
 угловая скорость – ω , угловое
 ускорение – E .

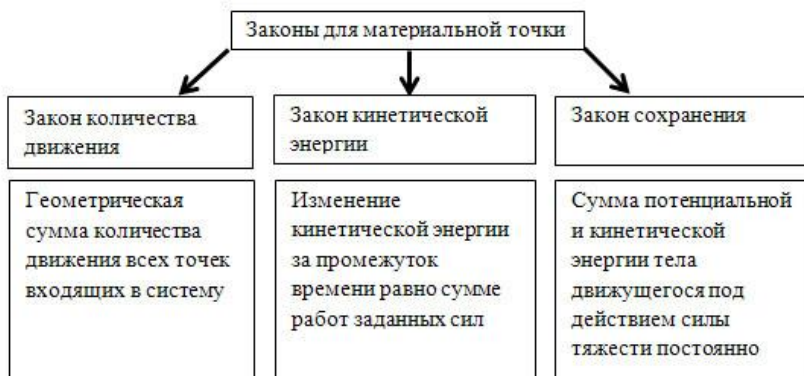
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗАКОНОВ ДИНАМИКИ ДЛЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И ТЕЛА В БЛОКОВОЙ ФОРМЕ

Стремочков Д. В., учащийся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;

Скорик А. В., научный сотрудник, СМНПО им. М. В. Фрунзе, г. Сумы

Систематизация законов, их аналитическое выражение, условия действия и основные задачи могут быть представлены в следующем виде с учетом основного принципа дидактики.





ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛКАХ И КРИВОЛИНЕЙНЫХ СТЕРЖНЯХ.

Филатов Вл. Д., учащийся, школа № 6;
Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ

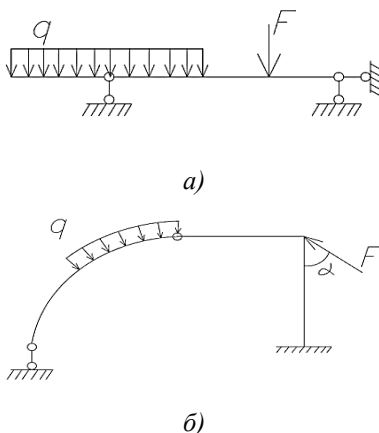


Рисунок – Однопролетная одноконсольная балка (а) и криволинейный стержень с шарниром (б)

Рассмотрено четыре задачи: однопролетная одноконсольная и консольная балки, два криволинейных стержня с шарниром. Для первых двух задач предложена следующая методика решения: составление конструктивной и расчетной схем использования принципа освобождаемости от связей и определение степени статической неопределимости. Затем составление 3^x независимых уравнений статики, выполнение проверки решения.

Показан примерный характер деформации. В задачах №3, №4 наличие шарнира в «теле» криволинейного стержня дает возможность составить дополнительное уравнение статики. Для облегчения применяется способ «расчленения» на левую и правую части; в месте шарнира показаны неизвестные реакции $X_{ш}$ и $Y_{ш}$. Дальнейшее решение с той части стержня, для которого возможно составление 3^x независимых уравнений статики и соответственно нахождение реакций $X_{ш}$, $Y_{ш}$, V . Переноса направление $X_{ш}$, $Y_{ш}$ в противоположное направление определяем опорные реакции V , H , M_p в другой части криволинейного стержня. Выбирая любую точку на стержне, выполнялась проверка решения.

Особый интерес вызывало нахождение момента относительно шарнира, распределенной нагрузки q . По окончанию работы вычерчивался лист ватмана формата А-1.

РОЗРАХУНОК УТЕПЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ПАНЕЛЬНОЇ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ

*Корж П. П., Поздняков Р. С., Коломойцев М. А., учні, школа № 17;
Скорик А. В., науковий співробітник, СМНВО ім. М. В. Фрунзе*

Метою роботи є розрахунок необхідної товщини зовнішнього утеплювача типової панельної багатоповерхової будівлі у м. Суми., а також визначення економічної ефективності встановлення зовнішнього утеплювача в таких панельних керамзитобетонних будівлях.

Встановлення зовнішнього утеплювача в одношарових керамзитобетонних панелях дозволяє зменшити втрати тепла у навколишнє середовище, а отже зменшуються ресурсовитрати на опалення приміщень будівлі, що є безумовно актуальним завданням.

Розрахунок товщини утеплювача виконувався із умови забезпечення необхідного опору теплопередачі згідно норм енергозбереження за СНІП II-3-79. Товщина утеплювача визначається з формули:

$$R_{mp} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} + \frac{1}{\alpha_з} ,$$

де $\alpha_в$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни; $\alpha_в = 8,7$ Вт/(м²·°С); $\alpha_з$ - коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні стіни; $\alpha_з = 23$ Вт/(м²·°С); коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни $\lambda_c = 0,33$ Вт/(м·°С); коефіцієнт теплопровідності матеріалу утеплювача з пенополістіролу $\lambda_y = 0,05$ Вт/(м·°С); $\delta_c = 40$ см – товщина стіни; δ_y – товщина утеплювача.

У результаті розрахунку визначено, що для керамзитобетонної стіни товщиною 40 см товщина утеплювача з пенополістіролу повинна бути 8 см.

Визначено, що втрати тепла після встановлення утеплювача зменшуються на 173 Вт. За відсутності утеплювача ці втрати тепла можливо компенсувати за рахунок встановлення обігрівача у приміщенні. Розрахунки показали, що вартість споживаної електроенергії обігрівачем за 3 місяці опалювального періоду становитимуть близько 160 грн. Тобто встановлення зовнішнього утеплювача є досить раціональним рішенням за умов однакових капітальних витрат на встановлення обігрівача та утеплювача. Крім того, використання зовнішнього утеплювача не потребує витрат енергоресурсів, а також дозволяє захистити приміщення від нагрівання влітку.

**ОПІР МАТЕРІАЛІВ
ТА МАШИНОЗНАВСТВО**

РАСЧЕТ КАМЕРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ

Каринцев И. Б., профессор; Каринцева А. И., зав. лабораторией

Как показывает практика, несущая способность толстостенного цилиндра может быть существенно повышена, если расчет вести по предельным нагрузкам. То-есть в этом случае допускается пластическая деформация. Другими словами за предельное давление $P_{пр}$ принимается такое давление, при котором пластическая деформация распространяется на всю толщину стенки цилиндра и достигает наружного слоя.

$$\text{Уравнение равновесия имеет вид} \quad r \frac{d\sigma_r}{dr} + \sigma_r - \sigma_\theta = 0, \quad (1)$$

где σ_θ – тангенциальное (окружное) напряжение, σ_r – радиальное напряжение.

В случае упруго-пластического деформирования принимаются следующие соотношения $\frac{\sigma_\theta - \sigma_r}{\varepsilon_\theta - \varepsilon_r} = \frac{\sigma_r - \sigma_z}{\varepsilon_r - \varepsilon_z}$, где σ_z – осевое нормальное напряжения, возникающие при наличии днища.

Предположив упругое деформации малыми по сравнению с пластическими и пренебрегая изменением объема получим

$$\sigma_z = \frac{\sigma_\theta - \sigma_r}{2}. \quad (2)$$

Условие наступления пластического состояния представим в виде

$$\sqrt{(\sigma_\theta - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_\theta)^2} / \sqrt{2} = \sigma_T, \quad (3)$$

где σ_T – предел текучести при растяжении.

$$\text{Подставив (2) в (3), получим} \quad \sigma_\theta - \sigma_r = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T. \quad (4)$$

Используя уравнения равновесия (1) с учетом (2) после интегрирования получим значения напряжений

$$\sigma_r = -\frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \ln \frac{r_H}{r_{вн}}; \quad \sigma_\theta = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \left(1 - \ln \frac{r_H}{r_{вн}} \right); \quad \sigma_\theta = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \left(\frac{1}{2} - \ln \frac{r_H}{r_{вн}} \right). \quad (5)$$

Предельное давление, при котором пластичность распространяется по всей толщине стенки

$$P_{пр} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \ln \frac{r_H}{r_{вн}}. \quad (6)$$

Расчет на прочность камеры высокого давления проведен для давления 1000 МПа. Принимая коэффициент запаса $n = 1,5$ и $\sigma_T = 1130$ МПа (сталь ХНМ), получим $r_{вн} = 50$ мм, $r_H = 160$ мм, толщина $\delta = 110$ мм.

МАКСИМАЛЬНЫЙ ПРОГИБ ШАРНИРНО ОПЕРТОЙ БАЛКИ ОТ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННОЙ НАГРУЗКИ

Тартагашев М. Д., студент; Каринцева А. И., зав. лабораторией

Рассматривается простая шарнирно опертая балка с пролетом l , нагруженной произвольной силой P , смещенной относительно середины пролета на расстоянии $z = a$ от левой опоры.

Опорные реакции для данной расчетной схемы

$$R_A = P \frac{b}{l}; \quad R_B = P \frac{a}{l}, \quad \text{где } l = a + b.$$

Для определения максимального прогиба и угла поворота сечения воспользуемся методом начальных параметров

$$EI\theta = EI\theta_0 + R_A \frac{z^2}{2} \Big|_I - P \frac{z-a}{2} \Big|_{II}; \quad EIy = EIy_0 + EI\theta_0 z + R_A \frac{z^3}{6} \Big|_I - P \frac{z-a}{6} \Big|_{II},$$

где θ_0, y_0 - начальные параметры ($y_0 = 0$).

Полагая $y|_{z=l} = 0$ получим

$$EI\theta = -\frac{Pbl}{6} \left(1 - \frac{b^2}{l^2} \right) + \frac{Pb}{l} \frac{z^2}{2}; \quad EIy = -\frac{Pbl}{6} \left(1 - \frac{b^2}{l^2} \right) z + \frac{Pb}{l} \frac{z^3}{6} \Big|_I - P \frac{z-a}{6} \Big|_{II}.$$

Экстремум найдем из условия $\frac{dy}{dz} = \theta = 0, \quad z = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}$.

То-есть максимальный прогиб получается вблизи середины пролета независимо от положения силы P . Если силу P смещать к правой опоре, то в пределе при $b \rightarrow 0, z = 0,577, y_{\max} \rightarrow 0$.

Так как функция прогиба вблизи своего максимума меняется весьма медленно, то определение y_{\max} можно заменить его приближенным значением при $z=0,5$, тогда

$$y_{\max} = -\frac{Pl^3}{48EI} \frac{b}{l} \left(3 - 4 \frac{b^2}{l^2} \right).$$

Этим результатом можно воспользоваться для приближенно определения стрелы прогиба в случае, когда к балке приложено несколько грузов P_1, P_2, \dots в различных точках. Суммируя действие отдельных грузов, получим

$$y_{\max} = -\frac{Pl^2}{48EI} \sum_{i=1}^n P_i \frac{b_i}{l} \left(3 - 4 \frac{b_i^2}{l^2} \right).$$

Полученные результаты были экспериментально проведены на специальной установке и получено удовлетворительное совпадение.

УТОЧНЕННОЕ УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ БРУСА ИЗ ХРУПКОГО МАТЕРИАЛА

Вербовой А. Е., студент; Каринцев И. Б., профессор

Внецентренное растяжение или сжатие является результатом действия продольной силы P , смещенной относительно геометрической оси на расстоянии l , называемом эксцентриситетом, и сводится к центральному растяжению-сжатию и к двум чистым изгибам. В случае симметричного сечения и растягивающей силы P , лежащей на главной оси, максимальные напряжения определяются по формуле $\sigma_{\max} = \frac{P}{F} + \frac{M}{W}$, где $M = Pl$ - изгибающий момент; W - момент сопротивления сечения.

Условие прочности при растяжении для хрупких материалов определяется, как $\frac{P}{F} \leq [\sigma]_p$, а условие прочности при изгибе $\frac{M}{W} \leq [\sigma]_и$.

Естественно встает вопрос - какое допускаемое напряжение следует брать при внецентренном растяжении?

Если для пластичных материалов приближенно можно считать, что $[\sigma]_п = [\sigma]_и$, то для хрупких материалов это различие является весьма существенным.

Например, для чугуна марка СЧ 12 отношение предельного напряжения при изгибе к предельному напряжению при растяжении

$$\sigma_{в\ и} / \sigma_{в\ p} = 28/12 = 2,3.$$

Для марки СЧ 36 это отношение равно 2,0 и т.д. Поэтому условие прочности при растяжении следует привести к допускаемому напряжению при изгибе. Для этого это условие прочности умножим на множитель

$$\frac{[\sigma]_и}{[\sigma]_п}, \text{ тогда получим}$$

$$\frac{P}{F} \frac{[\sigma]_и}{[\sigma]_п} \leq [\sigma]_и.$$

В случае внецентренного растяжения условие прочности примет вид

$$\frac{P}{F} \frac{[\sigma]_и}{[\sigma]_п} + \frac{M}{W} \leq [\sigma]_и.$$

Условие прочности также может быть приведено к допускаемому напряжению при растяжении. То- есть $\frac{P}{F} + \frac{M}{W} \frac{[\sigma]_п}{[\sigma]_и} \leq [\sigma]_п$.

Полученное условие было использовано в практических расчетах при расчете чугунной скобы, которая запирала крышку шаровой мельницы.

КОНСТРУКЦІЙНА МІЦНІСТЬ ВИТЯЖНОЇ ТРУБИ З КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ВІД ДІЇ ВІТРОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*Таран А. І., студент; Жигилій Д.О., ст. викладач;
Верещак С. М., професор*

Останнім часом стає дедалі актуальніше питання використання альтернативних новітніх матеріалів під час будівництва конструкцій підвищеної небезпеки. Композиційні матеріали мають високу стійкість проти хімічних впливів, а також невисоку питому вагу. В роботі пропонується розрахунки статичної та динамічної міцності для витяжної труби, виконаної зі склопластику.

Вважається, що склопластик є трансверсально ізотропний матеріал з коефіцієнтом анізотропії 1,5. У композиційному матеріалі з регулярною структурою, як правило, присутні повторювані елементи у вигляді односпрямованих шарів. Нехтуючи неоднорідністю структури на мікрорівні кожного шару, можна знайти ефективні характеристики окремих шарів на макрорівні. При цьому деформаційна модель матеріалу має квазіоднорідну структуру, складену з різних шарів. Пружні сталі склопластику визначалися за методикою теорії шаруватих композиційних матеріалів. При цьому кількість шарів дорівнювала 16 з кодом армування $[(0^\circ / 90^\circ)_4]_S$.

Вітрові навантаження на витяжну трубу моделюються на підставі державних стандартів «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» ДБН В.1.2-2:2006 та СНиП 2.01.07-85, а також їх сучасних адаптацій. Нормативна документація дає визначення вітровому навантаженню, як змінному навантаженню, для якого встановлені два розрахункових значення – граничне та експлуатаційне. Враховані впливи аеродинаміки обтікання споруди повітрям, зміни тиску, який пов'язаний з висотою споруди (обрана споруда середньої висоти) та географічною висотою над рівнем моря, а також вплив рельєфу місцевості.

Розрахункова модель є трансверсально ізотропним східчастим циліндром з розтяжками у вигляді сталевих канатів. Циліндр жорстко затиснений в основі. До бокової грані прикладено розподілене вітрове навантаження, змінне по висоті та за часом.

Статична міцність і власні частоти поперечних коливань визначено в першому наближенні за допомогою методу початкових параметрів. Отримані результати уточнювались порівняльним розрахунком, проведеним за допомогою методу скінчених елементів.

Надано висновок щодо міцності конструкції від дії статичних та динамічних навантажень. Проаналізовано вплив підкріплюючих елементів на міцність, жорсткість та власні частоти конструкції.

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ БАГАТОШАРОВОГО КРИВОЛІНІЙНОГО БРУСА НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНО-СТРУКТУРНОЇ ТЕОРІЇ

Шулумей А. В., студент; Верещака С. М., професор

Робота присвячена дослідженню методик з розрахунків на міцність багатошарового криволінійного бруса із композиційного матеріалу при згинанні з дефектами структури на основі дискретно-структурної теорії, коли враховуються реальні умови взаємодії шарів і величина зміни контактних напружень на міжшарових границях.

Інтенсивне впровадження нових композиційних матеріалів у різні галузі сучасної техніки насамперед викликане високими техніко-економічними показниками конструкцій, створених на їхній основі. Під час виготовлення й експлуатації багатошарових конструкцій на міжшарових поверхнях контакту жорстких армованих шарів відбувається утворення тонкого м'якого клейового прошарку, а також різного роду структурних недосконалостей, наприклад ділянок непроклею або відшарувань. У цьому зв'язку розроблення нових методик з розрахунку на міцність і граничний стан багатошарових конструкцій з дефектами структури на основі уточненої дискретно-структурної теорії, коли враховуються реальні умови взаємодії шарів і величина зміни контактних напружень на міжшарових поверхнях контакту, має практичне значення.

На основі класичної теорії пружності анізотропного тіла [1] досліджується напружено деформований стан багатошарового плоского криволінійного бруса. Для урахування статичних і кінематичних умов контакту по суміжнім поверхням сусідніх шарів, що мають циліндричну анізотропію, складена система алгебраїчних рівнянь. Порядок системи рівнянь визначається кількістю сполучених шарів. Як приклад розглянутий випадок деформацій згинання плоского бруса при дії зосередженої сили на торцях. Показаний вплив способів армування трьох окремо взятих шарів бруса на його напружено деформований стан. Проведене порівняння теоретичних результатів з експериментальними даними.

Список літератури

1. Лехницький С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницький. – М.: Наука, 1977. – 416 с.

ТЕРМОПРУЖНИЙ НАПРУЖЕНИЙ СТАН БАГАТОШАРОВОЇ ТРУБИ

*Михалько А.Ю., студент; Дейнека А.В., асистент;
Верещак С. М., професор*

На основі класичної теорії пружності анізотропного тіла визначається напружено-деформований стан багатошарового товстостінного циліндра кінцевої довжини при дії внутрішнього тиску і температури. Захисний шар циліндра виконаний з дюралюмінію та вуглепластика. Кінематичні і статичні умови контакту по сполучених поверхнях сусідніх шарів вважаються ідеальними. Рішення задачі отримане у вісесиметричній постановці. При цьому внутрішній тиск і температурне навантаження змінюються за синусоїдальним законом по довжині циліндра.

На торцях труби виконується умови вільного обпирання. Геометричні параметри багатошарового циліндра (труби) $r_a = 0,148$ м, $r_b = 0,18$ м та $l = 1$ м. Температурні навантаження на внутрішній і зовнішній поверхнях, а також внутрішній і зовнішній тиск, задані в наступному вигляді:

$$T_a \llcorner \rceil = 0, \quad T_b \llcorner \rceil = \Delta T \cdot \sin\left(\frac{\pi z}{l}\right),$$

$$q_a \llcorner \rceil = q_0 \cdot \sin\left(\frac{\pi z}{l}\right), \quad q_b \llcorner \rceil = 0.$$

Циліндр складається з 4 шарів: 1) твердий поліетилен ($h=4$ мм) – $E=260$ МПа, $\nu=0,4$, $\lambda=0,44$ Вт/м·К, $\alpha = 20 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹; 2) склопластик ($h=20$ мм) – $\lambda=0,4$ Вт/м·К, $\alpha=4 - 7 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹; 3) пеновінілпласт ($h=4$ мм) – $E=83$ МПа, $\nu=0,33$, $\lambda=0,4$ Вт/м·К, $\alpha = 15 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹; 4) дюралюміній ($h=4$ мм) – $E=71$ ГПа, $\nu=0,31$, $\lambda=160$ Вт/м·К, $\alpha=2,3 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹; 5) вуглепластик ($h=4$ мм) – $\lambda=0,4$ Вт/м·К, $\alpha_z = -5,7 \cdot 10^{-7}$ К⁻¹, $\alpha_\theta = 3,0 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹, $\alpha_r = 7 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹.

Аналіз теоретичних результатів дозволяє відзначити наступне. Максимальні нормальні напруження в поздовжньому напрямку у зовнішньому з дюралюмінію шарі зростають на 61% при збільшенні температури всього на 30К, і на 54% в несучому шарі зі склопластику. При аналізі зміни нормальних напружень в коловому напрямку циліндра при збільшенні температури на 30К відзначається зменшення зазначених напружень на 7% у зовнішньому шарі і на 3% в несучому шарі. Нормальні напруження в поздовжньому напрямку несучого склопластикового шару зменшуються приблизно 90%, коли дюралюмінієвий захисний шар замінюється захисним шаром з вуглепластика. Аналогічна картина має місце для колових напружень та напружень, які виникають в вуглепластиковому захисному шарі.

Таким чином, слід зазначити, що заміна дюралюмінієвого захисного шару композитної труби на вуглепластик, суттєво впливає на її напружений стан.

РАЗЪЕМНЫЕ ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Дрофа К. А., студент; Стрелец В. В., доцент

Одним из недостатков подшипников качения считают то, что они являются неразборными. Однако в машиностроении применяют и разборные поперечно-разъемные подшипники качения. Элементы таких подшипников: внутреннее и наружное кольца, сепаратор, корпус и уплотнения - состоят из двух частей. Это позволяет устанавливать подшипники на длинные трансмиссии, на валы и оси с несколькими опорами, при этом исключаются операции полной или частичной разборки изделий. Разъемные подшипники используют в случаях, когда для установки цельных подшипников требуются сложные дополнительные работы, такие как, снятие зубчатых колес, разборка соединений, снятия привода, валов и т.д. Монтаж и демонтаж подшипников осуществляется без специальных прессов, съемников и нагревателей. Использование разъемных подшипников уменьшает время простоя и, соответственно, снижает себестоимость производства и ремонта. Такие подшипники могут быть использованы в качестве замены подшипников скольжения, например, для коленчатых валов.

Наиболее часто используемыми разъемными подшипниками являются однорядные цилиндрические, конические и двухрядные сферические роликовые подшипники с массивными латунными сепараторами.

Для обеспечения целостности конструкции разъемный подшипник должен быть надежно собран и поэтому чаще всего выполняется в виде корпусного подшипникового узла. Верхняя и нижняя части корпуса разъемного подшипника соединяются болтами, так же как и зажимные обручи, скрепляющие внутреннее и наружное кольца. Соединение половин сепаратора выполнено таким образом, чтобы противостоять динамическим усилиям, действующим на него в процессе эксплуатации. Такой узел намного легче установить или снять - требуется только простейший слесарный инструмент. Размеры стандартных разъемных подшипников составляют от 30 до 600 мм, что подходит для большинства технических изделий. При этом возможно изготовить практически любой разъемный подшипник по чертежам заказчика. Характеристики разъемного узла и тип уплотнения определяются используемым в нем подшипником и условиями эксплуатации изделия.

Основные отрасли применения разъемных подшипников качения: машины металлургической, нефтеперерабатывающей, горнодобывающей, химической, строительной и пищевой промышленности; автомобильный, морской и речной транспорт; сельскохозяйственное и водоочистное оборудование; вентиляторы; нагнетатели и др.

Конструкции разъемных подшипников следует отличать от радиально-упорных подшипников качения с разъемным внутренним или наружным кольцом.

ЧЕТЫРЕХСТУПЕНЧАТЫЕ ЗУБЧАТЫЕ РЕДУКТОРЫ

Бублик А. В., студент; Стрелец В. В., доцент

Четырехступенчатый зубчатый редуктор - это механизм, состоящий из зубчатых передач, объединенных одним корпусом. Основная задача такого редуктора - в значительной мере уменьшить частоту вращения и увеличить вращающий момент на выходном валу механического привода. Зубчатые редукторы применяются практически во всех областях промышленности, а редукторный привод является одним из наиболее распространенных видов приводов современных механических систем. Существует широкий спектр четырехступенчатых редукторов, которые можно разделить по виду передач (конические или цилиндрические) и относительному размещению валов внутри корпуса. У рассматриваемых редукторов есть масса плюсов: высокие коэффициент полезного действия ($\approx 0,95$), прочность и долговечность; удобство в использовании; широкие диапазоны мощностей, габаритов и выходных моментов. Но есть и некоторые недостатки: сложность изготовления; значительные габариты и масса, а также шум и вибрации при работе с высокими окружными скоростями или неточном изготовлении.

Промышленные четырехступенчатые редукторы различных производителей предназначены в основном для выполнения тяжелых и нестандартных задач в металлургическом, горно-обогатительном, шахтном, цементном и других производствах. Для того, чтобы тяжело нагруженные многоступенчатые редукторы соответствовали современному мировому уровню стараются соблюдать два условия: 1) оптимальное сочетание геометрических, силовых, кинематических, энергетических и экономических параметров зубчатых передач; 2) выполнение зубчатых колес с высокотвердыми (до 60 HRC), цементированными и шлифованными зубьями.

В качестве примеров рассмотрены конструкции следующих редукторов. Цилиндрические четырехступенчатые горизонтальные редукторы серий 7Ц4, РЦШ4 изготавливают с суммарным межосевым расстоянием ступеней 500...1800 мм, номинальным вращающим моментом на тихоходном валу 20...900 кН·м, передаточным числом 100...450, массой 550...18000 кг.

Редукторы цилиндрические четырехступенчатые вертикальные серии 5Ц4вк является приводом передвижения кранов и имеют суммарное межосевое расстояние 500...1800 мм, номинальный вращающий момент до 13 кН·м, передаточное число 125...300, массу до 450 кг.

Индустриальные редукторы серии RXP обеспечивают момент вращения до 1200 кН·м при мощности двигателя до 10 МВт.

Коническо-цилиндрические редукторы серий 7КЦ3 и ЦКЦ2 изготавливают с суммарным межосевым расстоянием 440...1800 мм, номинальным вращающим моментом на тихоходном валу 15,5...1800 кН·м, передаточным числом 80...450, массой до 18000 кг.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Кремнев А. В., Старинский А. Е., студенты; Стрелец В. В., доцент

Трансмиссия (силовая передача) - в машиностроении совокупность агрегатов и механизмов, соединяющих двигатель с ведущими колёсами транспортного средства или рабочим органом машины, а также системы, обеспечивающие работу трансмиссии. В общем случае трансмиссия предназначена для передачи вращающего момента и является частью привода. К трансмиссиям транспортных машин предъявляются следующие требования: обеспечение высоких тяговых качеств (не менее 90% от полного веса изделия); оперативное изменение скорости при любых движениях; простота и легкость управления; высокая надежность; высокий КПД; технологичность; удобство обслуживания и др.

По способу передачи и трансформирования момента трансмиссии делятся на механические, гидромеханические и электромеханические. Выбор типа трансмиссии часто связывают с мощностью двигателя. При мощности двигателя до 350 кВт на колесных машинах чаще применяют ступенчатую механическую трансмиссию, при 350...750 кВт - гидромеханическую и свыше 750 кВт - электромеханическую. Этим обуславливается целесообразность и перспективность применения электромеханических трансмиссий в танках, тракторах, карьерных самосвалах и тепловозах.

Принцип работы электромеханической трансмиссии базируется на следующем. Бензиновый или дизельный двигатель внутреннего сгорания (ДВС) приводит во вращение вал генератора электрического тока. Вырабатываемая электроэнергия направляется к электродвигателю, который и вращает колеса транспортного средства. При этом электродвигателей может быть несколько, они могут располагаться в ступицах нескольких приводных колес. Если обеспечена возможность механической связи ДВС с ведущими колесами, получаем гибридный вариант транспорта.

Основные достоинства электромеханических трансмиссий следующие.

1. Бесступенчатое изменение вращающего момента (нет коробки передач) улучшает тяговые характеристики, маневренность, плавность хода и проходимость транспортной техники.
2. Обеспечиваются низкие эксплуатационные затраты и высокая производительность при перевозках грузов самосвалами и тепловозами.
3. Первичный двигатель может быть расположен в любом месте транспортного средства независимо от расположения электродвигателей, что позволяет выходить на рациональные компоновки машин.
4. Уменьшается расход топлива и покрывается дефицит электроэнергии при одновременной работе потребителей электричества.
5. Улучшается работа тормозных систем транспорта.
6. Положительно решаются экологические проблемы.

МІЦНІСТЬ ТА НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СКЛАДЕНИХ КІЛЬЦЕВИХ СТЕРЖНІВ ПРИ ЗГИНАННІ

Марченко Т. Ю., Репецький В. С., студенти; Зайцев І. Г., доцент

В роботі розглянуто чисте пласке згинання складеної балки круглого поперечного перерізу навантаженої зосередженими моментами. Проквовзуванням циліндричної частини у трубчастій знехтувано. Прийнято, що внутрішній суцільний циліндр є сталевим (E_1), а зовнішній порожнистий циліндр – алюмінієвий (E_2).

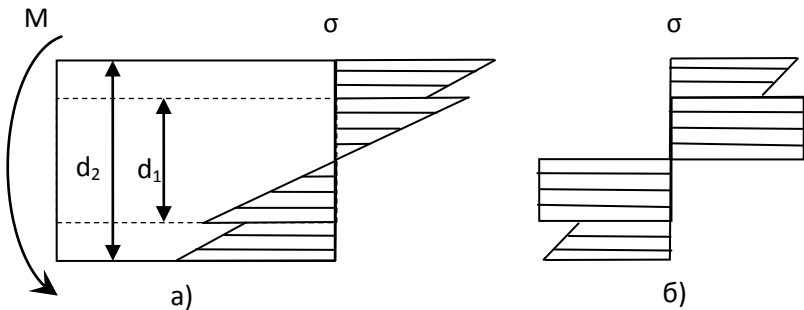


Рисунок – Епюри нормальних напружень при згинанні складеної балки круглого поперечного перерізу: а) до руйнування; б) при руйнуванні 1-го профілю

Задача є статично невизначною. В поперечному перерізі стержня на складові циліндри діють згинальні моменти M_1 та M_2 відповідно, статичний бік задачі становитиме: $M = M_1 + M_2$. Геометричний бік задачі полягає в умові сумісності деформацій на межі двох матеріалів: $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$, оскільки $\varepsilon_i = \frac{y}{\rho_i}$, тоді

додамо фізичний бік $\frac{1}{\rho_i} = \frac{M_i}{E_i I_i}$ ($i=1,2$), де ρ – кривизна зігнутої осі, y – відстань від нейтральної лінії.

Із синтезу знайдено розподіл загального згинального моменту по складовим нормального перерізу пропорційно жорсткостям складових перерізу при згинанні.

Показано на основі рівняння рівноваги $\sum Z = 0$, що нейтральна лінія співпадає за спільним ГМТ центрів мас складових нормальних перерізів.

В результаті знайдено співвідношення d_1/d_2 для рівномірності складових перерізу. Показано зниження згинальної жорсткості складеного перерізу при досяганні напружень одним з складових перерізу границі текучості при перевантаженні нераціональної конструкції балки.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ МАЛОГО РАЗМЕРА

Чуркин С. Н., студент; Некрасов С. С., доцент

Зубчасті передачі використовуються людством давно, такий спосіб передачі енергії обертання є найпоширенішим в механіці.

Ці механізми передають рух від одного валу іншому, зазвичай зі зміною частоти обертів за одиницю часу. Засобом зачеплення і безпосередніми елементами передачі руху служать або колеса, або рейки з нарізаними на їх робочих поверхнях заглибленнями й виступами особливої форми.

Сучасні машини працюють з більшими швидкостями та навантаженнями при цьому вони мають обмежені геометричні розміри. Тому задача підвищення здатності зубчастої передачі працювати з більшим навантаженням та більшою швидкістю має актуальне значення.

В роботі розглянуто два конічних зубчастих колеса, що знаходяться в зачепленні. Для досягнення поставленої мети виконано:

- аналітичний розрахунок з метою визначення геометричних розмірів зубчастої передачі та вимог до матеріалу з якого необхідно виготовити зубчасті колеса. Але такий розрахунок показав, що міцність зубчастої передачі буде недостатньою при стандартній формі зубу коліс;

- модальний аналіз з метою визначення власних частот та форм коливаль. Результати аналізу дають можливість до виготовлення визначити власні частоти та форми коливаль та у випадку необхідності провести корегування виробу або усунути можливі небажані ефекти в процесі експлуатації;

- статичний аналіз зубчастого колеса з метою визначення напружено-деформованого стану конструкції. Статичний аналіз дає можливість до виготовлення знати можливі розподілення полів деформації та напружень в колесі, що дозволяє усунути небажані ефекти.

Проведені аналітичний та скінчено-елементний розрахунок геометричних параметрів конічної зубчастої передачі, які дали змогу встановити критичні значення геометрії зубчастих коліс та усунути недоліки, які заважають збільшенню частоти обертання конічних зубчастих коліс.

Виконані розрахунки дозволили встановити, що для усунення недоліків зубчастих коліс, які заважають збільшити колову швидкість обертання необхідно використання нестандартних методів нарізання зубців. Цю проблему можна вирішити з використанням сучасного металообробного обладнання. Авторами було запропоновано виконати нарізання зубчастого колеса на 5-ти координатному фрезерному верстаті з числовим програмним керуванням.

МЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Курдес Ю. Ю., студент; Некрасов С. С., доцент

Создание давления в аппарате – наиболее трудоемкий этап процесса при высоких давлениях. Наиболее трудоемкий процесс – это сжатие газа, поскольку газы легче всего вытекают через движущиеся уплотнения и обладают (при давлениях до 7000 – 8000 атм) самой большой сжимаемостью. Предельное давление до которого можно сжать газ, определяется кривой его плавления. При обычных температурах газы затвердевают уже при давлении 10000 – 15000 атм, поэтому, чтобы сжать газ до более высокого давления его необходимо нагревать.

Большинство жидкостей затвердевают при более низких давлениях. Предел сжатия твердых тел (в том числе и затвердевших газов и жидкостей) ограничен только прочностью аппаратуры.

Для получения сверхвысоких давлений в лабораторной практике обычно применяют мультипликаторы. Принцип действия их заключается в том, что высокое давление создается за счет жидкости более низкого давления, поступающей в мультипликатор извне. Вдоль оси цилиндров мультипликатора перемещаются два соединенных вместе поршня, имеющие различный диаметр. Жидкость низкого давления подается на поршень большего диаметра. При этом в цилиндре, в который входит меньший поршень, создается давление во столько раз большее, во сколько площадь одного поршня больше площади другого.

Мультипликаторы являются аппаратами периодического действия. Некоторые системы мультипликаторов имеют вентили на соединительных коммуникациях или в корпусе самого мультипликатора. Такое устройство необходимо для того, создавать необходимое давление в жидкости путем попеременного перемещения поршня на всасывание и нагнетание жидкости. Поскольку жидкость сжимается до 30% при давлениях более 5000 атм., а создающий большие давления меньший поршень позволяет закачивать в камеру маленькие объемы жидкости то вентили позволяют осуществлять возвратно-поступательное движение поршня до достижения необходимого давления.

Такое устройство мультипликатора неудобно для поддержания необходимого давления в течении длительного времени, поскольку в любом сосуде высокого давления будут иметь место утечки. Поэтому авторами была предложена конструкция мультипликатора способного увеличивать давление в 6 раз до величины в 10000 атм. Для этого мультипликатор предложено оснастить дополнительно гидрораспределителем автоматического действия который совместно с рабочим поршнем мультипликатора автоматически осуществляет все рабочие движения.

МІЦНІСТЬ ТА НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СКЛАДЕНИХ КІЛЬЦЕВИХ СТЕРЖНІВ ПРИ КРУЧЕННІ

Кундиус Т. О., студент; Жигилій Д. О., ст. викладач

Складений стержень це елемент стержневої конструкції, поперечний переріз якої являє собою декілька простих профілів, з'єднаних в єдине ціле. Загальною особливістю таких стержнів є певна спільна відносна деформація. В роботі розглянуто питання раціональності конструкції (співвідношення лінійних розмірів простих профілів) з точки зору міцності та особливості роботи шарів, коли один з них утворює пластичний шарнір по досягненню границі текучості.

Розглянуто вал круглого поперечного перерізу, що складається з двох з'єднаних шарів сталі (1) та міді (2). Також відомо є загальний крутний момент в поперечному перерізі M_z . Спільною відносною деформацією при крученні є відносний погонний кут закручування θ .

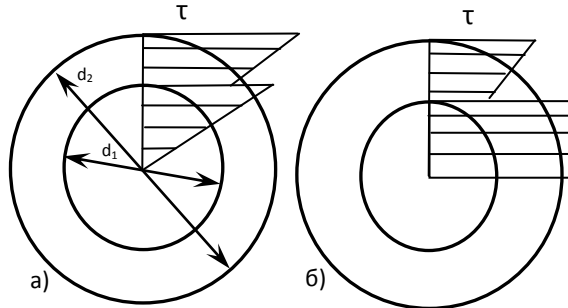


Рисунок – Епюри дотичних напружень при крученні складеного круглого стержня: а) до руйнування; б) при руйнуванні 1-го профілю

Фактично складена конструкція є статично невизначеною, тому розподіл внутрішнього силового фактору – крутного моменту по профілях визначається сукупним розв'язанням: геометричного боку $\theta^C = \theta^E = \theta$, статичного боку $M_z^C + M_z^E = M_z$ та фізичного боку задачі $\theta^C = M_z^C / (G_p^C J_p^C)$, $\theta^E = M_z^E / (G_p^E J_p^E)$.

Результатом є знаходження крутного моменту, що діє на кожен профіль, а також епюр дотичних напружень вздовж радіуса. Знайдено за умови рівномірності обох шарів з різних матеріалів раціональне співвідношення d_1/d_2 . Оцінено зниження жорсткості нераціональної конструкції стержня при досягненні одним з профілів дотичного напруження, що відповідає границі текучості, тобто утворенні пластичного шарніру.

МІЦНІСТЬ СТОЛА ДЛЯ СИПУЧИХ РЕЧОВИН

Коваленко І. С., студент; Жигилій Д. О., ст. викладач

В роботі розв'язана задача рівномірності стола, навантаженого вагою купи сипучої речовини. В першому наближенні стіл змодельовано двохопорною шарнірно опертою балкою. Вважається, що сипуча речовина утворює при насипанні однорідну купу відомої ваги, що за формою близька до квадратичної параболи. Тому функція розподілу лінійно розподіленого навантаження приймається $q \llcorner \rceil = q \frac{z}{l} \left(1 - \frac{z}{l}\right)$.

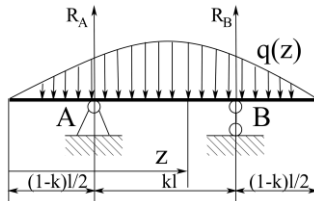


Рисунок – Розрахункова схема стола для сипучих речовин

Рациональною конструкція біде лише тоді, коли локальний мінімум в шарнірних опорах А та В внутрішнього силового фактору згинального моменту буде дорівнювати локальному максимуму посередині балки ($z=l/2$).

Доцільно скористатися симетрією конструкції, побачивши, по-перше, що реакції опор будуть рівні між собою і становитимуть половину

рівнодійної розподіленого навантаження, тобто $R_A = R_B = \frac{1}{2} \int_0^l q \llcorner \rceil dz$. По-

друге: епюра згинальних моментів буде симетрична відносно середини балки, а епюра перерізуючих сил – косиметрична (звідси і локальний максимум епюри моментів).

Знайдено, що вираз для поперечних сил складатиме:

$$Q_y = - \int_0^z q \llcorner \rceil z \, dz + \left|_{z > \frac{1-k}{2} l} R_A + \left|_{z > \frac{1+k}{2} l} R_B \right.$$

Вираз для згинальних моментів:

$$M_x = - \int_0^z \alpha q \llcorner \rceil \alpha \, d\alpha + \left|_{z > \frac{1-k}{2} l} R_A \left(z - \frac{1-k}{2} l \right) + \left|_{z > \frac{1+k}{2} l} R_B \left(z - \frac{1+k}{2} l \right) \right.$$

З умови рівномірності $M_x \left(z = \frac{\llcorner -k \rceil l}{2} \right) = M_x \left(z = \frac{\llcorner +k \rceil l}{2} \right)$ знайдено k .

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕРІЗІВ ІЗ СТАНДАРТНИХ ПРОКАТНИХ ПРОФІЛІВ

Слепова А. С., студент; Жигилій Д. О., ст. викладач

Стандартні прокатні профілі за конструктивних умов можуть комбінуватися. В роботі розглянуто раціональне використання різних складених профілів, отриманих з двотавра.

Нехай два двотавра №30 розрізали кожний на два тавра висотою m та n . Потім зварили попарно два більші і два менші таври. Отримали знову два «двотавра».

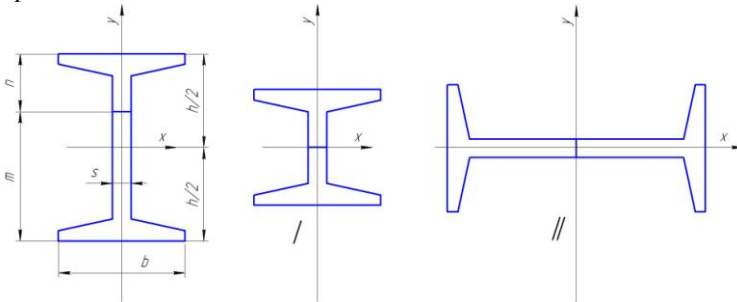


Рисунок – Вихідний і зварені профілі

Ці нові профілі мають дві осі симетрії, тобто осі OX та OY є головними та центральними. Геометричні характеристики новоутворених профілів знаходяться у наступній послідовності.

Спочатку визначено положення центра мас та головні центральні моменти інерції половини перерізу двотавра:

$$y_c^{(2)} = \frac{S_x^{(2)}}{A}; \quad I_{x_c}^{(2)} = \frac{I_x}{2} - y_c^2 \frac{A}{2}; \quad I_{y_c}^{(2)} = \frac{I_y}{2}.$$

Головні центральні осьові моменти інерції новоутворених профілів знайдені як рівноспівскладені з половини перерізу двотавра та доданого (II) і віднятого (I) прямокутників відомих розмірів за допомогою формул паралельного переносу осей.

Аналіз головних центральних осьових моментів інерції новоутворених профілів дозволив знайти відношення m/n у випадках:

- 1) рівномірності профілів $W_x^{(C)} = \frac{I_x^{(C)}}{n} = W_x^{(2)} = \frac{2I_x^{(2)}}{b}$;
- 2) рівножорсткості профілів $I_x^{(C)} = I_x^{(2)}$;
- 3) рівнорозмірності профілів $2n = b$.

СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНІ СИСТЕМИ, УТВОРЕНІ СУКУПНІСТЮ ТРОСІВ

Іванова А. Ю., студентка; Жигилій Д. О., ст. викладач

В роботі розглянуто дві статично невизначені системи, утворені сукупністю тросів. Такі розрахункові моделі можна поставити у відповідність, наприклад, до підвісної стелі або книжної полиці.

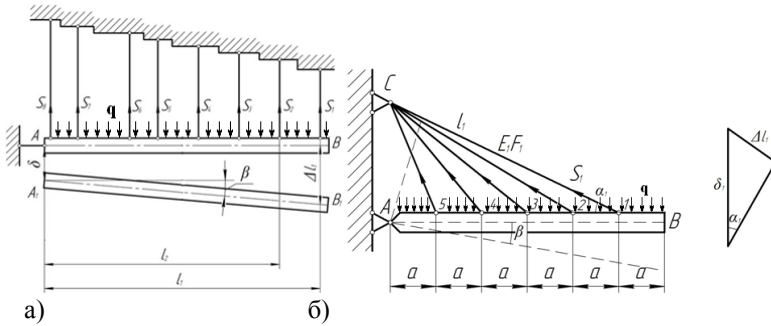


Рисунок – Статично невизначені системи, утворені сукупністю тросів

Розрахункові схеми складаються з абсолютно жорсткого бруса, певним способом закріпленого шарнірною опорою та системою тросів відомої жорсткості при розтяганні та стисканні ($E_i F_i$). Брус знаходиться під дією рівномірно розподіленого навантаження q .

Статично невизначувані системи розв'язуються через синтез – статичного боку задач:

$$а) \sum_i M_A \overleftarrow{e}_i = \sum_{i=1}^8 S_i l_i - \frac{q l_1^2}{2}; \quad \sum_i P_{i y} = \sum_{i=1}^8 S_i - q l_1$$

$$б) \sum_i M_A \overleftarrow{e}_i = \sum_{i=1}^6 S_i \alpha_i \overleftarrow{e}_{-i} - \frac{q a^2}{2};$$

геометричного боку: а) $\Delta l_i = \delta + l_i \beta$ та б) $\delta_i = \frac{\Delta l_i}{\sin \alpha_i} = \beta \overleftarrow{e}_{-i} \overleftarrow{a}$;

фізичного боку: а) $\Delta l_i = \frac{S_i l_i}{E_i F_i}$ та б) $\Delta l_i = \frac{S_i l_i}{E_i F_i}$.

Підставляючи в рівняння рівноваги вирази для зусиль, знайдено δ і β , після чого визначено зусилля за наведеними вище формулами.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ЭПЮР ВСФ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ЛОМАНОМ БРУСЕ

Слинько Д. Ю., студент; Смирнов В. А., директор, НТТУМ

Вначале выполнялись конструктивные схемы в аксонометрических проекциях для более наглядного понимания вида и характера деформаций.

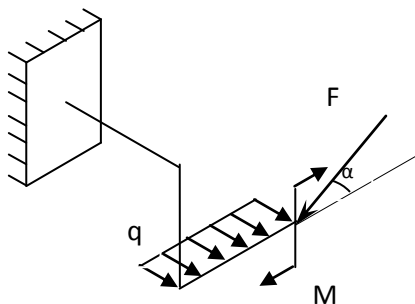


Рисунок – Расчётная схема

Используя принцип независимости действия сил, строились эпюры для каждого внешнего силового фактора q , m , F . Сосредоточенная сила F проектировалась на две ортогональные оси: $F \cdot \cos(\alpha)$, $F \cdot \cos(90 - \alpha)$.

Каждому виду деформации соответствовали внутренние силовые факторы Q , M , $M_{кр}$, N . Построение выполнялось методом «характерных» точек с учётом наличия «скачков» на эпюрах Q и M , а также теорема Д. И. Журавского. В каждом узле пространственного ломаного бруса при построении ВСФ проводились ортогональные оси x , y , z . Затем выполнялась статическая проверка узлов в конструктивном варианте и аксонометрических проекциях. Рассматривались условия прочности для каждого вида деформации бруса и возможные типы задач.

Необходимо отметить, что построение эпюр СВФ проводилось по свободной части ломаного бруса, без определения опорных реакций. Однако их величины и направления возможно определять по построенным эпюрам ВСФ. Подбор сечений для различных частей бруса не проводился. Изготовлен пакет из гибких связей, по боковым поверхностям которого нанесены продольные и поперечные линии, для лучшего понимания вида и характера деформаций и построения эпюр. Поперечное сечение выполнено из различного материала для выявления жёсткостных характеристик и в случае подбора сечений использовались бы приведенные характеристики. Результаты работы прочерчены на листе А1.

РАССМОТРЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОЧНОСТИ И ЖЁСТКОСТИ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА С УЧЁТОМ ТЕОРИИ ОБУЧЕНИЯ

Беловол В.О., студент; Смирнов В.А., директор, НТТУМ

Теория обучения, т.е. дидактика, должна ответить на два главных вопроса: чему учить и как учить. Рассматривая первый вопрос с учётом задачи прочности, вводилось понятие о расчётной схеме и её преобразования из конструктивной. Заменяя связи: шарнирно-подвижную и неподвижную опоры на реакции V, H изучался принцип освобождаемости от связей. С учётом составления трёх независимых уравнений статики отмечалось, что данная балка относится к плоской системе произвольно расположенных сил. Понятие статически неопределимой балки (наличие «лишних» связей, введение шарниров в тело балки) решалось с помощью формулы $\Lambda = C_{\text{он}} - 3$. После определения опорных реакций выполнялась проверка. После определения опорных реакций выполнялись их проверки. Переходя к построению эпюр, вводилось правило знаков, зависимость Q и M от распределённой нагрузки q :

$$q = \frac{dQ}{dz}, \quad Q = \frac{dM}{dz}.$$

После этого выполнялась проверка решения с учётом «скачков» от силы F, V . Рассматривая условия прочности

$$\frac{M}{W} \leq [\sigma] \quad \text{и} \quad \frac{Q \times S}{I \times b} \leq [\tau],$$

для данного вида деформации определялись типы задач. Подбиралось двутавровое сечение составленное из прокатного профиля, двух швеллеров, а также коробчатое сечение.

Переходя к задачам жёсткости, изучалось понятие о линейных и угловых перемещениях, формула Мора

$$y = \int_0^l \frac{M_F \times M_1}{EI}$$

и правило Верещагина

$$y = \frac{\omega_1 \eta}{EI},$$

которая позволила упростить вычисление интеграла Мора. Выбирая фиктивное состояние балки, находилось линейное и угловое перемещение заданной точки.

Рассматривая второй вопрос, как учить предлагались внешние силовые факторы, к которым можно отнести: методы обучения, принципы обучения, средства обучения, движущие силы обучения. К внутренним факторам отнесём тип темперамента. Важно отметить, что любой метод обучения бинарен; т.е. наличие прямой и обратной связи (ученик - преподаватель). Рассмотрено предложение по применению методов обучения с учётом преобладающих типов темпераментов учащихся учебной группы, подгруппы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ГИБКОЙ СВЯЗИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ ГРУЗА

Сапожников Я. И., студент; Смирнов В. А., директор, НТТУМ

Работа состояла из двух разделов: теоретического и экспериментального. В первом рассматривались виды деформации связи (поз. 3) закреплённой жёстко с пластинами (поз. 2) при действии на верхнюю пластину груза (поз. 1).

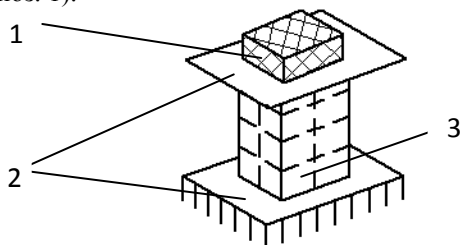


Рисунок – Схема экспериментальной установки

Он прикладывался в центре тяжести пластины вдоль её ортогональных осей и вне их. На гибкой связи для проверки гипотезы Я. Бернулли нанесены продольные и поперечные полосы. На листе формата А1 представлены четыре случая для расположения связей в аксонометрических проекциях. Выполнены расчётные схемы. Показаны предполагаемые характеры деформаций. В экспериментальном разделе представлена модель, состоящая из двух пластин размером ($b \times h \times a = 250 \times 5 \times 250$ мм), и гибкая связь ($b \times h \times a = 100 \times 150 \times 50$ мм). Выбирался соответствующий груз для большей наглядности вида и характера деформаций, как простых, так и сложных.

Рассмотрен вопрос о зависимости перемещений, как линейных, так и угловых, с деформацией гибкой связи. Вначале определялись линейные и угловые компоненты перемещения произвольной точки в пространстве в ортогональной системе координат XYZ. Для этого, согласно определения твёрдого тела, как совокупности материальных точек, выделялись две точки и соединялись прямой. Далее находились возможные перемещения отрезка в пространстве, абсолютные и относительные ($\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z, \gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$) деформации.

Особый интерес будет представлять замена одной связи на другую (пружину) и рассмотрены колебания пластины. В этом случае постановка задачи включала в себя:

- 1) выбор системы отсчёта;
- 2) направление движения груза;
- 3) определение действующих сил;
- 4) составление дифференциального уравнения.

Очевидно, его составление проводилось бы на основе второго закона динамики $ma = \sum F$ с учетом жесткости связи.

НАХОЖДЕНИЕ ГЛАВНЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ДЛЯ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

*Литвиненко В. Н., ученик, ЦДЮТ, г. Белополье;
Смирнов В. А., директор, НТТУМ, СумГУ, г. Сумы*

Рассматривалось 4 типа сечений, с отверстиями в виде квадрата и круга. Общие габариты всех фигур В, Н.

Вначале проводилось разбиение сложных фигур на простые с определением площади каждой простой фигуры. Определялся центр тяжести фигуры: C_1, C_2, C_3, \dots . Проводились ортогональные оси x, y . Выбиралось система отсчёта по крайней левой и нижней грани сложного сечения. Определялся центр тяжести сложного сечения по формуле

$$X_C = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}; Y_C = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}.$$

Через найденный центр с координатами x_C, y_C проводились главные центральные оси. Далее находилось расстояние от каждой центральной оси $x_1, x_2, x_3, \dots, y_1, y_2, y_3, \dots$ до главной центральной оси X_C и Y_C обозначенные соответственно a_j и b_j . По формуле зависимости между моментами инерции относительно параллельных осей

$$I_{xc} = I_{xi} + a_i^2 A_i, I_{yc} = I_{yi} + b_i^2 A_i$$

определялись величины главных центральных моментов инерции I_{XC} и I_{YC} .

Для определения угла, на который нужно повернуть главные центральные оси, чтобы сделать их главными необходимо вычислить угол, определяемый по формуле

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x},$$

предварительно найдя центробежный момент инерции, используя зависимость

$$I_{\max/\min} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}.$$

Находились значения главных моментов инерции I_U и I_V . Следует отметить, что суммарные величины значений главных центральных моментов инерции и главных моментов инерции должны быть равны $I_{xc} + I_{yc} = I_u + I_v$.

Решение задач возможно графическим способом. При этом различают как прямую, так и обратную задачу. Первая – определение моментов инерции относительно центральных осей, зная главные моменты инерции I_U и I_V . Вторая задача заключается в определении главных моментов инерции, зная I_x, I_y и I_{xy} .

В результате возможно построение эллипса инерции, используя положения главных центральных осей инерции.

ВЛИЯНИЕ АМПУТАЦИИ КОНЕЧНОСТЕЙ НА АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

*Васильченко Д. Р., студент,
Ратушный А. В., ведущий специалист, СумГУ;
Пазынюк Б. О., зав. отд., Стовбыр А. А., хирург, СГКБ № 5*

Данная совместная работа специалистов факультета ТеСЕТ, центра НТТУМ СумГУ и хирургов СГКБ №5 посвящена исследованию зависимости артериального давления от анатомической полноценности человека. К сожалению, те или иные заболевания ставят перед хирургами необходимость ампутации одной или нескольких конечностей человека. При этом, однако, не имеется однозначного ответа на вопрос, как меняется артериальное давление после такого рода операций.

Данный вопрос исследовался методами гидравлики с использованием уравнения Д. Бернулли. Упрощенная расчетная схема кровеносной системы человека представляет собой замкнутый трубопровод, состоящий из участков различной длины и диаметра. Выходящая из сердца кровь попадала в систему простых трубопроводов, подводящих её к рукам, ногам и голове. Эквивалентом сердца выступал насос объёмного принципа действия. Геометрические характеристики участков трубопровода расчетной схемы (кровеносных сосудов), количество крови, поступающие в те или иные части тела, а также особенности определения систолического и диастолического давления были взяты из соответствующей медицинской литературы.

Исходя из выполненного таким образом анализа расчетной схемы, уравнение Д. Бернулли, описывающего баланс энергии в трубопроводе примет вид:

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \Delta h_{\text{мтр}}, \quad (1)$$

где p_1 – систолическое давление, Па;

p_2 – диастолическое давление, Па;

ρ – плотность крови, кг/м³;

$\Delta h_{\text{мтр}}$ – потери энергии жидкости на трение, м.

Учитывая, что режим течения крови по сосудам принимается ламинарным, $\Delta h_{\text{мтр}}$ найдем, воспользовавшись законом Хагена-Пуазейля:

$$\Delta h_{\text{мтр}} = \frac{128 \cdot Q \cdot \nu \cdot l}{\pi \cdot g \cdot d^4}, \quad (2)$$

где Q – расход крови, м³/с;

ν – кинематическая вязкость крови, м²/с;

l – длина сосуда, м;

d – диаметр сосуда, м.

Таким образом, уравнение (1) с учетом (2) и некоторых математических преобразований примет вид, используемый для дальнейших расчетов:

$$\Delta p = \frac{128 \cdot Q \cdot \nu \cdot \rho}{\pi} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{d_i^4}, \quad (3)$$

где n – количество рассматриваемых участков трубопровода;

$$\Delta p = p_1 - p_2.$$

Рассматривались случаи: здорового человека (а) четырех видов ампутации конечностей: одна и обе ноги, одна и обе руки (б-д соответственно). Результаты исследований представлены в виде графика зависимости разности давлений (для удобства восприятия представленного в миллиметрах ртутного столба) от вида ампутации (см. рисунок).

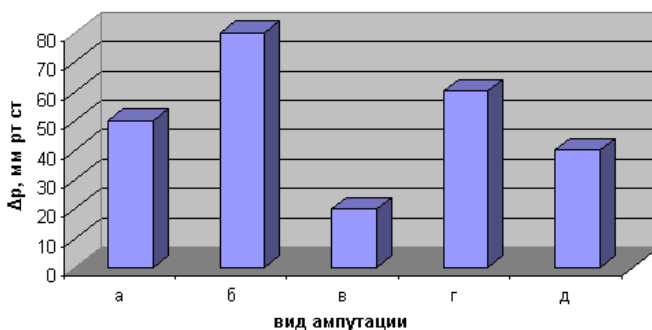


Рисунок – Зависимость разности давлений от вида ампутации

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что максимальный перепад давлений отмечен в случае отсутствия одной нижней конечности, а минимальный – в случае отсутствия обеих. По данным медицинской литературы это приводит к самому неблагоприятному прогнозу. После ампутации одной нижней конечности средняя продолжительность последующей жизни больного является самой короткой для подобных операций и составляет от трёх до пяти лет.

Список литературы

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы [Текст] : учебник / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. – М. : Машиностроение, 1982.
2. Физиология человека [Текст] : учебник / под ред. В.М.Смирнова. – М. : Медицина, 2002.
3. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика [Текст] : учебник / А. Н.Ремизов – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

СОПОСТАВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАРНЫХ ШВОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ И ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫМ ПУТЁМ

*Гологанов И. В., ученик Сумского химико-технического лицея;
Дегтерёв И. В., аспирант, СумГУ*

Рассматривалось два типа составных сечений: двутавровое и коробочное. Выполнено три типа сварных швов: сплошной, прерывистый и точечный.

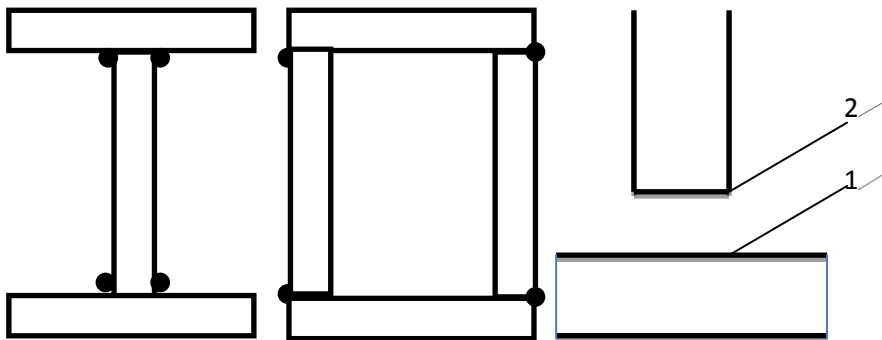


Рисунок – Аксонометрические проекции составных сечений

Для большей наглядности представлены аксонометрические проекции.

Определялась несущая способность сварных швов по металлу шва и по границе металла сплавления, соответственно поз (1), поз (2), теоретическим путём по формулам

$$\frac{N}{\beta_f K_f l_w} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c; \quad \frac{N}{\beta_f K_f l_w} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c,$$

где R_{wz} , R_{wf} – расчётные сопротивления при деформации сдвига, N – продольная сила, $\gamma_{wf} = \gamma_{wz} = 1$ – коэффициенты условий работы.

После проведения испытаний в лаборатории кафедры сопротивления материалов под руководством Каринцевой А. И. сопоставлены значения усилий найденные теоретическим и опытным путём в графическом режиме. Исходя из данных результатов предпочтение отдано методу расчёта с учётом расчётного сопротивления (R) т.е. методу предельных состояний, которые проводились с учётом СНИП 11-23-81 стальные конструкции, СНИП 2.01.07-85 нагрузки и воздействия. Выполнен стенд размером 850×850 мм на котором указаны виды соединений, фотографии до и после исполнения, расчётные схемы и формулы, а также сами сечения после испытаний.

ВЫБОР НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ЗАГРУЖЕНИЯ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ ПЛОСКОЙ РАМЫ

*Тесленко А. Н., ученик, ЦДЮТ, г. Белополье;
Лисовенко Д. В., аспирант, СумГУ, г. Сумы*

Не меняя геометрических параметров рамы (пролёт, высота) рассматривались три различных схемы нагружения от q , F , m .

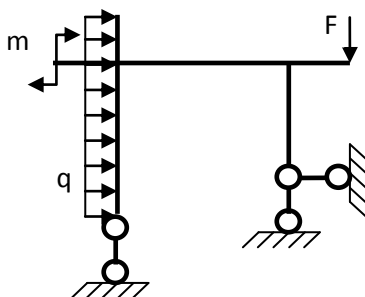


Рисунок – Расчётная схема

Вначале определялась степень статической неопределимости, затем примерный вид и характер деформаций всех стоек и ригелей рамы. Составляя 3 независимых уравнения статики находились опорные реакции V , H .

Выполнялись проверки решения. Эпюры строились способом «характерных» точек, которые необходимы для составления таблицы неблагоприятного нагружения. Необходимо отметить, что эпюры – это графики изменения внутренних силовых факторов (Q , M , N) от статических нагрузок, на которых наблюдались «скачки» от действия F и m . Использовалась зависимость между q и Q , M (теорема А.И. Журавского) Используя условия прочности при деформации поперечного изгиба подбирались квадратное и прямоугольное сечения для ригелей. Для каждой «характерной» точки брались найденные значения ВСФ и заносились в таблицу. Анализируя суммарные значения Q , M , N принималось решение о самой неблагоприятной схеме нагружения ВнСФ.

Как известно, для выбора поперечного сечения элемента необходимо знать величину максимального изгибающего момента, в случае деформации поперечного изгиба, значения допускаемого напряжения, т.е. решать проектную задачу. Для стойки, которая испытывает деформацию продольного и поперечного изгиба, условий прочности может быть два и внутренних силовых факторов тоже (M_{\max} , N_{\max}). В общем случае сложный вид деформации включает в себя три и более ВСФ: Q_{\max} , M_{\max} , N_{\max} , и задача по подбору поперечного сечения становится более трудоёмкой.

На примере левой стойки рамы, рассматривалась методика построения эпюр ВСФ. Вычерчивался лист ватмана формата А1.

Наукове видання

Сучасні технології у промисловому виробництві

Матеріали
науково-технічної конференції викладачів,
співробітників, аспірантів і студентів
факультету технічних систем
та енергоефективних технологій
(Суми, 14–17 квітня 2015 року)

ЧАСТИНА 1

Конференція присвячена Дню науки в Україні

Відповідальний за випуск В. Г. Євтухов
Комп'ютерне верстання В. Г. Євтухова

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 10,93. Обл.-вид. арк. 14,92. Тираж 30 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.