

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, 23 – 26 квітня 2013 року)*

ЧАСТИНА 1

Конференція присвячена Дню науки в Україні

Суми

Сумський державний університет

2013

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 23 по 26 квітня 2013 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

23 квітня 2013 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. Криво ручко.

Секретар – асп. В. О. Колесник

26 квітня 2013 р.

Початок о 13²⁵, ауд. ЛА-215.

1. Прогнозирование микрорельефа обработанной резанием поверхности волокнистых полимерных композиционных материалов.

Докл.: Колесник В. А., аспирант.

Рук.: Криворучко Д. В., доцент.

2. Покращання технології обробки статора роторно-поршневого двигуна.

Доп.: Вельбой А. А, магістрант, ТМм-21.

Кер.: Євтухов В. Г., доцент.

3. Создание физической модели руки человека.

Докл.: Колесник В. А., аспирант;

Дегтярєв С. Г., ученик, ГПТУЗ «Сумский профессиональный химико – технологический лицей».

4. Фрезерная угловая поворотная головка.

Докл.: Шевченко В. О., студент, ВІм-21.

Рук.: Некрасов С. С., ст. преподаватель.

5. Оценка обрабатываемости материалов по затратам энергии разрушения.

Докл.: Герашенко Ю. А., студент, ТМм-21.

Рук.: Акилов А. И., доцент.

6. Повышение производительности хонингования глухих отверстий путем оптимизации режимов обработки.

Докл.: Цымбал Д. В., студент, ТМм-21.
Рук.: Савчук В. И., доцент.

7. Повышение качественных показателей поверхностей шеек валов путём усовершенствования отделочного этапа технологического процесса.

Докл.: Севати С. А, студент, ТМмз-22с.
Рук.: Савчук В. И., доцент.

8. Повышение производительности отделочной обработки валов с учётом технологической наследственности.

Докл.: Ревенко Р. С., студент, ТМмз-22с.
Рук.: Савчук В. И., доцент.

9. Устройство для комбинированной обработки плоских поверхностей.

Докл.: Шапошников Д. А., студент, ВІ-91.
Рук.: Алексеенко Д. М., доцент.

10. Разработка специального приспособления для токарно-карусельного станка модели 1М553.

Докл.: Кононенко С. А., студент, ВІм-21.
Рук.: Емельяненко С. С., доцент.

11. Система багатокритеріального вибору затискних модулів гнучких верстатних пристроїв.

Доп.: Обравит Ю. А., студент, ТМм-21.
Кер.: Иванов В. О., старший викладач.

12. Обработка детали вала авиационного двигателя и разработка управляющей программы с помощью САМ-системы SprutCAM.

Докл.: Гайдук С. В., студент 5-го курса, НАКУ «ХАИ», г. Харьков.
Рук.: Третьяк В. В., доцент, НАКУ «ХАИ», г. Харьков.

13. Автоматизация разработки технологического процесса детали авиационного двигателя в системе СПРУТ-ТП.

Докл.: Ладимирыч В. Ю., студент 5-го курса, НАКУ «ХАИ», г. Харьков.
Рук.: Третьяк В. В., доцент, НАКУ «ХАИ», г. Харьков.

14. Розробка бази знань для розрахунок режимів різання деталі авіаційного двигача з допомогою генератора баз знань.
Докл.: Семенов А. В., студент 5-го курса, НАКУ «ХАІ», г. Харків.
Рук.: Третьяк В. В., доцент, НАКУ «ХАІ», г. Харків.
15. Агрегатные фрезерные головки, содержащие зубчатое зацепление.
Докл.: Голубев А. Ю., магистрант, ТМм-21.
Рук.: Кушников П. В., доцент.
16. Инженерно-психологические проблемы преодоления звукового барьера человеком
Докл.: Кушников П. В., доцент.
17. Удосконалення організації робіт при технологічному проектуванні в машинобудуванні.
Доп.: Думанчук М. Ю., ст. викладач, СНАУ, м.Суми.
18. Технологічне забезпечення ефективності повітряно-плазмового різання металу.
Доп.: Гончаренко І. Г., магистрант, ТМм-21.
Кер.: Міненко Д. О., асистент.
19. Загартування плоских поверхонь віброуючою плазмовою дугою.
Доп.: Бугрик Д. Є., студент ТМ-91,
Отенко М. В., магистрант ТМмз-22с.
Кер.: Міненко Д. О., асистент.
20. Технологія строжки металу плазмовою дугою.
Доп.: Осадчий С. О., магистрант ТМмз-22с.
Кер.: Міненко Д. О., асистент.
21. Підвищення міцності інструменту для глибокого свердління отворів малого діаметра.
Доп.: Горюнова О. В., магистрант ТМм-21.
Кер.: Захаркін О. У., доцент.
22. Исследование технологии электроискрового легирования металлорежущих инструментов.
Докл.: Гончаренко А. Г., магистрант ТМм-21.
Рук.: Осипов В. А., доцент.

СЕКЦІЯ «ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ»

Голова – проф. В. О. Залого.
Секретар – доц. М. М. Коргун

25 квітня 2013 р.

Початок о 13²⁵, ауд. ЛА-215.

1. Особенности моделирования механической обработки изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов.

Докл.: Таранец А. А., магистрант ТМм-21,
Колесник В. А., аспирант.

Рук.: Евтухов А. В., ст. преподаватель.

2. Исследование деформации технологической системы при врезании в условиях токарной обработки на основе моделирования рабочего процесса методом конечных элементов.

Докл.: Коротич Д. С., студент ТМм-21.

Рук.: Криворучко Д. В., доцент.

3. Экспериментальное исследование процесса микрорезания.

Докл.: Здельник М. О., студентка ТМ-91,
Голобородько Л. В., аспирантка.

Рук.: Криворучко Д. В., доцент.

4. Технология изготовления образцов из волокнистых полимерных композиционных материалов.

Докл.: Осадчий И. О., аспирант.

5. Моделювання параметрів режиму різання щодо інструменту зарубіжних фірм.

Доп.: Максименко І. О., магістрант ВІм-21.

Кер.: Лагута Г. Г., доцент.

6. Исследование возможности применения ANFIS-сети в системах диагностики состояния режущего инструмента.

Докл.: Кулагин Д. Г., студент І-23,
Гонщик А. В., аспирант.

Рук.: Зинченко Р. Н., доцент, Залого В. А., профессор.

7. К вопросу об использовании звука, сопровождающего процесс резания, для оценки динамического состояния элементов обрабатываемой системы.

Докл.: Пономаренко Т. В., студентка ВІм-21,
Нагорный В. В., аспирант.

Рук.: Залого В. А., профессор.

8. Спосіб нарізання черв'ячних коліс на зубофрезерному верстаті та дослідження жорсткості супорта.

Доп.: Гребченко А. О., магістрант ВІм-21.

Кер.: Коротун М. М., доцент.

9. Зв'язок між профілем вихідного контуру рейки та отриманим профілем зуба колеса при зубошліфуванні.

Доп.: Вязовий Р. Ю., студент ВІм-21.

Кер.: Коротун М. М., доцент.

10. Зубообробний верстат.

Доп.: Кириченко Р. О., студент ВІс-22.

Кер.: Коротун М. М., доцент.

11. Використання електронних освітніх ресурсів під час проведення лабораторних робіт.

Доп.: Мужецький Б. С., студент ВІс-22,

Пирог Ю. І., студент ВІс-22,

Пушкарь Н. О., студент ВІс-22.

Кер.: Алексєєв О. М., доцент.

12. Особливості використання електронних освітніх ресурсів під час вивчення дисциплін інженерної спрямованості.

Доп.: Тарапата А. М., студент ВІс-22,

Шило В. В., студент ВІс-22.

Кер.: Алексєєв О. М., доцент.

13. Позначення різців із механічним кріпленням багатограних перерізованих пластин.

Доп.: Зубко В. М., магістрант ВІм-21.

Кер.: Швець С. В., доцент.

14. Термомеханіка процесу різання.

Доп.: Цикал О. С., магістрант ВІм-21.

Кер.: Швець С. В., доцент.

15. Підвищення якості проектування штампу.

Доп.: Довгополов А. Ю., магістрант ВІм-21.

Кер.: Некрасов С. С. ст. викладач.

16. Формування оброблених поверхонь заготовки при тангенціальному точінні на основі кластеризації основних параметрів процесу різання.

Доп.: Рибалка П. В., студент ВІ-91,

Прокопенко О. В., аспірант.

Кер.: Дядюра К. О., доцент.

17. Система критеріїв для оцінки напружено-деформованого стану деталі при її проектуванні і під час виготовлення.

Доп.: Скрипченко Г. О., студентка ВІ-91,
Юнак А. С., аспірантка.
Кер.: Дядюра К. О., доцент.

СЕКЦІЯ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Голова – проф. В. О. Залога.
Секретар – доц. О. В. Івченко

24 квітня 2013 р.

Початок о 13²⁵, ауд. ЛА-208.

1. Методологічні та практичні заходи щодо проведення аудитів систем управління відповідно до вимог ISO 19011:2011.

Доп.: Неровня В. А., магістрант СТМ-21.
Сущенко Н. В., аспірантка.

2. Разработка метода комплексной оценки качества нефти.

Докл.: Реджепов Д. О., магістрант СТМ-21.
Рук.: Івченка А. В., доцент.

3. Розроблення інформаційної системи управління інструментальною підготовкою виробництва машинобудівного підприємства.

Доп.: Кібукевич І. В., студент ТМс-22,
Погоржельська Ю. О., асистент.
Кер.: Залога В. О., професор.

4. Ринок праці як фактор впливу на якість освіти.

Доп.: Пекний М. Ю., студент СТс-22,
Бятова Н. О., аспірантка.
Кер.: Залога В. О., професор.

5. Самооценка по критериям модели EFQM.

Докл.: Ворожко А. С., магістрант СТМ-21.
Рук.: Іванов Б. К., ст. преподаватель.

6. Процесний підхід та його застосування при розробленні конструкторської документації.

Доп.: Коновалова Н. О., магістрант СТМ-21.
Кер.: Іванов Б. К., ст. викладач.

7. Сучасний стан міжнародної та національної нормативної бази щодо органічного виробництва харчової продукції.

Доп.: Аксьонова Д. І., магістрант СТМ-21.
Хярм В. М., ст. викладач.

8. Технічні регламенти: рекомендації щодо їх удосконалення та впровадження в Україні.

Доп.: Чеманова А. О., магістрант СТМ-21.
Хярм В. М., ст. викладач.

СЕКЦІЯ «ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Голова – в.о. зав. каф. С. В. Марченко.
Секретар – ст. викладач Т. П. Говорун

24 квітня 2013 р.

Початок об 11²⁵, ауд. Ц-222.

1. Особенности формообразования заготовок из углеродопластовой композиции.

Докл.: Петренко Е. А., студент гр. МТМ-21.
Рук.: Будник А. Ф., доцент.

2. Анализ формирования структуры углеродопластового композита технологией подготовки наполнителя.

Докл.: Чернышова В. С., студентка гр. МТс-22.
Рук.: Будник А. Ф., доцент.

3. Покращання властивостей швидкорізальних сталей за рахунок використання прогресивних технологій термоциклічної обробки.

Доп.: Дернова Н. Ю., студентка гр. МТМ-21.
Кер.: Говорун Т. П., ст. викладач.

4. Вплив прогресивних технологій термоциклічної обробки на міцнісні характеристики ливарних алюмінієвих сплавів силумінів.

Доп.: Карпенко К. Г., студентка гр. МТМ-21.
Кер.: Говорун Т. П., ст. викладач.

5. Синтиком – материал, альтернативный чугуны.

Докл.: Шостак М. Н., студентка гр. МТ-01.
Рук.: Говорун Т. П., ст. преподаватель.

6. Материалы, позволяющие видеть сквозь стены.

- Докл.: Шостак М. Н., студентка гр. МТ-01.
Рук.: Говорун Т. П., ст. преподаватель.
7. Використання захисних покриттів для підвищення корозійної стійкості вуглецевих сталей.
Доп.: Єфременко К. Ю., студентка гр. МТ-91,
Дуброва Є. О., студент гр. МТмз-22.
Кер: Дегула А. І., ст. викладач.
8. Дослідження зносостійкості зміцнювального шару металу на структуру та властивості робочого колеса проміжної ступені насоса ЦНС-240М.
Доп.: Варуха І. О., студентка гр. МТм-21.
Кер.: Любич О. Й., доцент.
9. Рациональный метод упрочнения крышки компрессора.
Докл.: Карпичев А. И., студент гр. МТ-91.
Рук.: Любич А. И., доцент.
10. Технологический процесс упрочнения рабочего колеса земснаряда.
Докл.: Шульга Р. С., студент гр. МТ-91.
Рук.: Любич А. И., доцент.
11. Применение полимерных материалов для повышения эксплуатационных свойств грунтовых насосов.
Докл.: Федина С. В., студентка гр. МТм-21.
Рук.: Марченко С. В., ст. преподаватель.
12. Зміцнення поверхні зубчастого колеса редуктора за допомогою проведення ізотермічної цементації.
Доп.: Мізенко І. С., студентка гр. МТмз-22.
Кер.: Пчелінцев В. О., доцент.
13. Исследование величины ударной вязкости и твердости от времени выдержки процесса азотирования колеса предвключенного насоса НПВ 3600.
Докл.: Шафорост Д. В., студент гр. МТмз-22.
Рук.: Раб В. Н., ст. преподаватель.
14. Особливості формування композиційного матеріалу при плакуванні різнорідними матеріалами.
Доп.: Петренко Є. А., студент гр. МТм-21.
Кер.: Радзівський В. М., професор.
15. Исследование влияния состояния наполнителя на свойства композиционного металла с металлической матрицей.
Докл.: Тищенко Ю. В., студентка гр. МТм-21.

Рук.: Радзиевский В. Н., профессор.

16. Влияние структурных элементов полимерного композитного материала на его свойства.

Докл.: Воробьев И. В., студент гр. МТс-22.

Рук.: Руденко П. В., ассистент.

17. Методы измельчения отходов композитных материалов на основе фторопласта-4 с углеволокнистым наполнителем.

Докл.: Ермолина А. Н., студентка гр. МТс-22.

Рук.: Руденко П. В., ассистент.

18. Исследование приспособляемости пар трения полимер-металл.

Докл.: Глугодед П. Н., студент гр. МТмз-22.

Рук.: Руденко Л. Ф., ст. преподаватель.

19. Дослідження властивостей багатшарових покриттів методом ЕІЛ для деталей триботехнічного призначення.

Доп.: Трипольська Н. О., студентка гр. МТм-21.

Кер.: Руденко Л. Ф., ст. викладач.

20. Механизмы влагопоглощения углефторопластовых композитов и технологические способы его снижения.

Докл.: Ватуля Е. А., студентка гр. МТ-01.

Рук.: Томас А. А., зав. лаб.

21. Стабільність ОЦК-структури високоентропійного сплаву $AlTiVCrNbMo$.

Доп.: Мисливченко О. М., Макаренко О. С., аспіранти
НТУУ КПІ, м. Київ,

Харченко Н. А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми.

Кер.: Карпець М. В., професор НТУУ КПІ, м. Київ.

СЕКЦІЯ «ХІМІЧНІ НАУКИ»

Голова – доц. С. Б. Большанина.

Секретар – О. Г. Дерев'яноко

25 квітня 2013 р.

Початок о 15⁰⁰, ауд. Ц-302.

1. Визначення впливу органічних сполук на процес цинкування.

Доп. Залевський Р. І., Бортнік О. О., студенти гр. І – 21.

Кер.: Большанина С. Б., доцент.

2. Рівняння Ленгмюра та Фрейндліха в дослідженнях процесу адсорбції іонів цинку.

- Доп.: Ревенко Г.О., Сидельник К.О., студенти гр. ЕК – 21.
Кер.: Воробйова І. Г., доцент.
3. Дослідження впливу сполук важких металів у складі електроліту “GROVISION” на якість цинкового покриття.
Доп.: Кириченко О. М., зав. лабораторії.
Кер.: Большанина С. Б., доцент.
4. Методика изучения кинетики гидролиза сахарозы.
Докл.: Шапаренко А. А., студент гр. МТ – 21.
Рук.: Лебедев С. Ю., доцент.
5. Обработка экспериментальных данных кинетики гидролиза сахарозы.
Докл.: Шапаренко А. А., студент гр. МТ – 21.
Рук.: Лебедев С. Ю., доцент.
6. Адсорбция ионов цинку на глинистых сорбентах.
Доп.: Лего К. В., Шупик Ю. М., студенти гр. ЕК – 21.
Кер.: Марченко Л. І., доцент.
7. Синтез и реакционная способность 4-карбокси-акридон-9.
Докл.: Лепина И. М., студентка гр. ХО-91, Лях Е. Г., студент, гр. ХО-91, ЮЗГУ, г. Курск.
Рук.: Миронович Л. М., профессор, ЮЗГУ, г. Курск, Россия.
8. Исследование реакционной способности 4-амино-1,2,4-триазола.
Докл.: Геер А. А., студент гр. ХО-91, ЮЗГУ, г. Курск.
Рук.: Миронович Л. М., профессор, ЮЗГУ, г. Курск, Россия.
9. Модифіковані крохмалі.
Доп.: Голик В. С., студент гр. МТ – 21,
Лютенко І. М., студент гр. ПС – 201.
Кер.: Ліцман Ю. В., доцент.
10. Влияние трансжиров на организм человека.
Докл.: Бахрамова Нафиса, студентка гр. ЛС – 228.
Рук.: Дыченко Т. В., ст. преподаватель.
11. Дослідження плівок оксиду цинку, отриманих методом хімічного осадження з водного розчину.
Доп.: Мешков А. М., студент гр. ЕС – ф22,
Бересток Т. О., аспірант.
Кер.: Манжос О. П., доцент.

СЕКЦІЯ «ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА»

Голова – проф. В. А. Марцинковський.
Секретар – асп. О. І. Сидорець

23 квітня 2013 р.

Початок о 11²⁵, ауд. Н-110.

1. Вычисление собственных частот ротора центробежного насоса.

Докл.: Марцинковський В. А., професор,
Левченко Е. В., магістрант гр. КМм-21.

2. Анализ совместных радиально–осевых колебаний ротора центробежного насоса с системой автозагрузки.

Докл.: Мазуренко І. В., студентка гр. КМ-91.
Рук.: Марцинковський В. А., професор.

3. Динамика системы осевого уравнивания ротора турбокомпрессора.

Докл.: Хализева А. Г., студентка гр. КМ-91.
Рук.: Марцинковський В. А., професор.

4. Расчет радиально-осевых колебаний ротора центробежного насоса с системой авторазгрузки осевых сил.

Докл.: Сагалаева І. А., магістрантка гр. КМм-21.
Рук.: Марцинковський В. А., професор.

5. Методика розрахунку запірно-врівноважувального пристрою багатоступінчастих відцентрових машин для турбулентного режиму руху середовища.

Доп.: Павленко І. В., асистент.

6. Двухдроссельное уравнивающее устройство со связанными торцовыми дросселями.

Докл.: Лукьяненко Т. И., магістрант гр. КМм-21,
Лукьяненко Е. А., студент гр. КМс-22,
Калиниченко П. М., доцент.

7. Двухступенчатые и двухпоточные разгрузочные устройства.

Докл.: Лукьяненко Т. И., магістрант гр. КМм-21,
Лукьяненко Е. А., студент гр. КМс-22,
Калиниченко П. М., доцент.

8. Обеспечение подвижности самоустанавливающегося кольца гидростатического уплотнения.

- Докл.: Орел О. В., студентка гр. КМ-91,
Калиниченко П. М., доцент.
9. Теоретические основы статического расчета уравнивающего устройства.
Докл.: Калиниченко П. М., доцент, Супрун А. В., аспирант.
10. Статический и динамический расчет затворных импульсных уплотнений.
Докл.: Голуб Р. О., студент гр. КМ-91.
Рук.: Марцинковский В. А., профессор.
11. Теоретическое и экспериментальное исследование затворных импульсных уплотнений.
Докл.: Боярский Д. П., Лисовенко Д. В., магистранты гр. КМм-21,
Загоруйко А. В., доцент.
12. Дослідження характеристик шпаринного ущільнення довільної довжини та їх вплив на динаміку ротора при витіканні рідини у «повітря».
Доп.: Німа Н. О., студентка гр. КМс-22, Беда І. М., доцент.
13. Аналіз впливу частоти обертання вала на характеристики шпаринного ущільнення довільної довжини.
Доп.: Васильченко Н. С., студентка гр. КМс-22,
Беда І. М., доцент.
14. Автоматизоване комп'ютерне моделювання та проектування системи ротор-опори-ущільнення для відцентрових насосів і компресорів
Доп.: Винніченко Р. В., студент гр. КМ-91,
Загоруйко А. В., доцент.
15. Вплив конфігурації шпарини на характеристики ущільнення.
Доп.: Симоновський В. І., професор, Беда О. І., аспірант.
16. Статический и динамический расчет уплотнений с плавающими кольцами.
Докл.: Борщенко Д. А., студентка гр. КМ-91.
Рук.: Марцинковский В. А., профессор.
17. Динамика уплотнительных плавающих колец и расчёт их деформаций.
Докл.: Деревянко И. М., студентка гр. КМс-22.
Рук.: Марцинковский В. А., профессор.
18. Числове моделювання магніторідинних ущільнень.
Доп.: Лисицький О. М., студент гр. КМ-91,
Загоруйко А. В., доцент.

19. Исследование влияния подшипников скольжения на динамику ротора центробежного насоса.

Докл.: Хализева А. Г., студентка гр. КМ-91.

Рук.: Симоновский В. И., профессор.

20. Разработка метода построения дискретных моделей роторных систем на основе данных расчета свободных и вынужденных колебаний их МКЭ-моделей.

Докл.: Квашко В. В., студент гр. КМм-21.

Рук.: Симоновский В. И., профессор.

21. Исследование особенностей динамики роторов турбокомпрессоров в неустойчивой области частот вращения.

Докл.: Пономаренко Е. Н., студент гр. КМс-22.

Рук.: Симоновский В. И., профессор.

22. Исследование причин разрушения рабочих колес центробежного компрессора ГПА.

Докл.: Сидорец А. И., аспирантка.

23. Моделирование деформаций рабочих колес центробежного компрессора с использованием программного комплекса ANSYS.

Докл.: Трубицина И. О., студентка гр. КМ-91,

Савченко Е. Н., доцент.

24. Вибродиагностика параметров расцентровки роторных машин.

Докл.: Кафтарян Л. С., ст. преподаватель.

25. Ймовірнісна оцінка технічного стану роторної машини.

Доп.: Удовиченко Н. М., студентка, гр. КМ-91,

Нагорний В. М., доцент.

26. Прогнозування ресурсу роторної машини методом механіки руйнування.

Доп.: Кибальник С. А. студент гр. КМс-22,

Нагорний В. М., доцент.

27. Применение программного комплекса LABVIEW для исследования частотных характеристик механических систем.

Докл.: Гупаленко Е. Д., студент гр. КМ-91,

Савченко Е. Н., доцент.

28. Исследование напряженно-деформированного состояния цементного кольца буровых скважин в зависимости от конфигурации.

Докл.: Жулёв А. А., магистрант гр. КМм-21.

Рук.: Каринцев И. Б., профессор.

29. Дослідження напружено-деформованого стану елементів пристроїв з гідро- та пневмоприводом для механічної обробки корпусних деталей і валів.
Доп.: Номеровський С. І., Лісовенко Є. Ю., студенти гр. КМ-91,
Павленко І. В., асистент.
30. Застосування методу послідовних наближень при розв'язанні позиційних задач нарисної геометрії.
Доп.: Павленко І. В., асистент, СумДУ,
Павленко В. В., викладач, Машинобудівний
коледж СумДУ.
31. Створення тривимірної моделі удосконаленого привода кривошипного преса із надресованим маховиком.
Доп.: Запорожченко В. С., доцент,
Демченко А. М., студент гр. ХМ-91,
Запорожченко А. В., студент гр. ЕП-91,
Пузік Р. В., студент гр. І-22.
32. Нова безмуфтова система вмикання кривошипного преса із пересувним фіксатором.
Доп.: Запорожченко В. С., доцент,
Харченко О. В., Ященко А. О., студенти гр. І-24.
33. Методика обучения основным понятиям статики.
Докл.: Жулёв А. А., магистрант КМм-21, СумГУ,
Колесник В. А., руководитель центра научно-
технического творчества ГПТУЗ «Сумский
профессиональный химико – технологический лицей».
34. Составление программы расчета усилий стержней в плоской раме.
Докл.: Рапута М. В., учащийся, Центр детского и
юношеского творчества, г. Белополье.
Рук.: Жулёв А. А., магистрант гр. КМм-21, СумГУ.
35. Визначення внутрішніх силових факторів у просторовому ламаному брусі.
Доп.: Чепуренко І. О., учень, Центр дитячої та юнацької
творчості, м. Білопілля.
Кер.: Скорик А. В., аспірант, СумГУ.
36. Оптимальный выбор способа нахождения центра тяжести сложного сечения.
Докл.: Рыков А. Г., учащийся, школа № 12, г. Сумы.
Рук.: Юрко И. В., аспирант, СумГУ.

37. Определение усилий в элементах фермы графическим способом (силовых многоугольников и диаграммой Максвелла-Кремоны).

Докл.: Микиша Д. А., студентка гр. КМ-21, СумГУ.

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

38. Исследование величин усилий в элементах фермы при различных схемах загрузки.

Докл.: Якушка Н. Н., учащийся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье.

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

39. Оптимальный выбор расположения опор при расчете статически определимой рамы.

Докл.: Литовченко В. Н., учащийся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье.

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

40. Сопоставление усилий в элементах фермы при различных схемах загрузки.

Докл.: Яковлев М. Н., учащийся, школа № 2.

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

41. Определение реакций в многопролетной, шарнирно-консольной балке.

Докл.: Тесленко А. С., учащийся, Центр детского и юношеского творчества, г. Белополье;

Лисовенко Д. В., студент гр. КММ-21, СумГУ.

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

42. Выбор оптимальных величин опорных реакций в пространственной системе произвольно расположенных сил.

Докл.: Грицун Д. В., студент гр. КМ-21, СумГУ.

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

43. Построение одномассовой модели роторной системы центробежного насоса, учитывающей влияние подшипников скольжения.

Докл.: Криворучко С. В., студент гр. КМ-91.

Рук.: Симоновский В. И., профессор.

СЕКЦІЯ «ОПР МАТЕРІАЛІВ ТА МАШИНОЗНАВСТВО»

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

1. Экспериментальные исследования прочности и деформативности стеклопластиковых труб в условиях повышенных температур.
Докл.: Каринцев И.Б., профессор.
2. Исследование прочности шарнира рулевой тяги.
Докл.: Каринцева А.И., зав. лабораторией.
3. Регулирование устойчивости сжатой однопролетной балки.
Докл.: Корсун М.Г., преподаватель, КИ СумГУ, г. Конотоп.
4. Напряженно-деформированное состояние цементного кольца в буровой скважине.
Докл.: Жулев А.А., магистрант гр. КМм-21.
Рук.: Каринцев И.Б., профессор.
5. Влияние эксцентрисности на напряженное состояние кольца скважины.
Докл.: Жулев А.А., магистрант гр. КМм-21.
Рук.: Каринцев И.Б., профессор.
6. Механічні та температурні напруження порожнистого циліндра скінченної довжини.
Доп.: Мороз Ю.В., студент гр. І-13.
Кер.: Верещака С.М., професор, Дейнека А.В., аспірант.
7. Механічні та температурні напруження порожнистого циліндра скінченної довжини з урахуванням неідеального контакту між шарами.
Доп.: Шулумей А.В., студент гр. І-13.
Кер.: Верещака С.М., професор, Дейнека А.В., аспірант.
8. Метод скінченних різниць у задачі розрахунку статично невизначеної балки.
Доп.: Брижик Д.С., студент гр. ГМ-01.
Кер.: Жигилій Д.О., ст. викладач.
9. Дослідження стійкості стрижня методом Релея-Ритца.
Доп.: Заїкіна М.Л., студентка гр. ГМ-01.
Кер.: Жигилій Д.А., ст. викладач.
10. Метод конечных разностей с неравномерным шагом в задаче прямого изгиба балки.
Докл.: Божок А.И., студент гр. ГМ-01.
Рук.: Жигилий Д.А., ст. преподаватель.
11. Сравнение метода конечных разностей с методом Релея-Ритца в задаче прямого изгиба консольной балки.
Докл.: Ветер М.Ю., студент гр. ВИ-01.

Рук.: Жигилий Д.А., ст. преподаватель.

12. Использование трехмерного моделирования при конструировании червячного редуктора.

Докл.: Родин И.С., студент гр. ТМ-01.

Рук.: Стрелец В.В., доцент.

13. О возможности изучения курса деталей машин с помощью интернета.

Докл.: Федченко С.В., студент гр. ТМ-01.

Рук.: Стрелец В.В., доцент.

14. Об изменениях в конструкции приводов для химических производств.

Докл.: Усик Р.Ю., студент гр. ХМ-01.

Рук.: Стрелец В.В., доцент.

15. Використання інтернету для самопідготовки з дисципліни ”Деталі машин”.

Доп.: Мазний Б.В., студент гр. ВІ-01.

Кер.: Стрелец В.В., доцент.

16. Уравновешивание многоцилиндровых двигателей.

Докл.: Матвиенко Ю.О., Мовчан В.В., студенты гр. И-12.

Рук.: Зайцев И.Г., доцент.

17. Графо-аналитический метод кинематического исследования рычажных механизмов.

Докл.: Самара Н.В., студент гр. И-11.

Рук.: Никитин М.А., доцент.

18. Нахождение величин концентраторов напряжений в ослабленном сечении многоступенчатого бруса, находящегося под действием продольных сил.

Докл.: Вербовой А., учащийся, школа №9, г. Сумы.

Рук.: Смирнов В.А., директор ЦНТТУМ, СумГУ.

19. Оптимальный выбор основной системы при расчете статически неопределимой рамы.

Докл.: Беловол В., учащийся, школа №12, г. Сумы.

Рук.: Смирнов В.А., директор ЦНТТУМ, СумГУ.

20. Определение расчетных и конструктивных схем с учетом уровней проблемности.

Докл.: Ворожко А., учащийся, школа №6, г. Сумы.

Рук.: Смирнов В.А., директор ЦНТТУМ, СумГУ.

21. Особенности построения эпюр внутренних силовых факторов для плоской и пространственной системы произвольно расположенных сил .

Докл.: Тартегашев М., учащийся, школа №15, г. Сумы,
Слинько Д.Ю., учащийся, школа №6, г. Сумы.
Рук.: Смирнов В.А., директор ЦНТТУМ, СумГУ.

22. Закон сохранения импульса.

Докл.: Лисовенко М.С., Монько Е.М., ученики КУ ССШ №9.
Рук.: Смирнов В.А., директор ЦНТТУМ, СумГУ,
Ратушный А.В., аспирант, СумГУ.

23. Методика решения физических задач.

Докл.: Зякун И.А., Пирогов Д.А., ученики, КУ ССШ №9.
Рук.: Ратушный А.В., аспирант, СумГУ.

24. Сопоставление центральных и главных моментов инерции для симметричных и несимметричных сечений, составленных из прокатных профилей.

Докл.: Терновский С., студент гр. КМ-21.
Рук.: Смирнов В.А., директор ЦНТТУМ, СумГУ.

25. Методика расчета статически неопределимых систем с помощью уравнения перемещений.

Докл.: Кругась Ю., студентка гр. КМ-21.
Рук.: Смирнов В.А., директор ЦНТТУМ, СумГУ.

**ТЕХНОЛОГІЯ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ОБРАБОТАННОЙ РЕЗАНИЕМ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Колесник В. А., аспирант

Использование волокнистых полимерных композиционных материалов (ВПКМ) в различных отраслях промышленности растет. Механическая обработка является одним из самых распространенных процессов обработки ВПКМ. Это обуславливает интерес к прогнозированию качества обработанной поверхности.

Целью настоящей работы было изучение закономерностей и факторов, влияющих на качество обработанной резанием поверхности ВПКМ и выявление наиболее распространенных дефектов обработанной поверхности.

Для достижения поставленной цели были созданы четыре модели резания ВПКМ с ориентацией волокон $\theta = 0^\circ$, $\theta = 45^\circ$, $\theta = 90^\circ$, $\theta = 135^\circ$ инструментом с углами $\gamma=7^\circ$, $\alpha=10^\circ$. Расчетная схема моделирования представлена в виде конечно – элементной (КЭ) заготовки из ВПКМ шириной $b=0,13$ мм, длиной $L= 0,5$ мм и высотой $h=0,5$ мм. Толщина срезаемого слоя $a = 0,1$ мм. Размер КЭ - элемента был выбран равным 10 мкм. Размер КЭ – сетки инструмента составил 50 мкм. В разработанной модели использовались параллелепипеды с равномерным распределением напряжений в объеме элемента. По результатам моделирования было установлено, что наибольшие колебания силы резания и повреждения поверхности были зафиксированы при $\theta= 135^\circ$.

С целью проверки полученных в ходе моделирования данных была проведена серия экспериментов. Методом послойной укладки были созданы натуральные образцы с 50 % содержанием по массе углеродного волокна и эпоксидной смолы ЭД-20. Экспериментальные исследования по прямоугольному резанию ВПКМ проводились при постоянной температуре $20^\circ\pm 2^\circ\text{C}$ с варьированием угол ориентации волокон θ° и угол ориентации режущей кромки относительно образца η° имитирующее движение вспомогательной режущей кромки сверла и торцевой фрезы соответственно.

При наблюдении с помощью электронного микроскопа РЭМ 100У образца с $\theta=135^\circ$ было выявлено участки вытягивания волокон, не срезанные волокна длиной от 0,7 до 1,2 мм и шириной 0,5 - 0,7 мм, расслаивание, сдвиг волокон и внеплоскостные перемещения. Выше перечисленные дефекты свойственны для обработанной резанием поверхности ВПКМ образцов с ориентацией волокон $\theta=135^\circ$. Полученные по итогам экспериментов данные в целом подтверждают результаты моделирования, что позволяет говорить об адекватности созданной прогнозирующей модели.

Работа выполнена под руководством доцента Криворучко Д. В.

ПОКРАЩАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ СТАТОРА РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА

Вельбой А. А, магістрант; Євтухов В. Г., доцент

У нашому повсякденні широко використовуються двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ). Вони весь час вдосконалюються, але значного приросту їх ефективності досягнути не вдається. Головними недоліками ДВЗ є високе динамічне навантаження системи, значні габаритні розміри, велика кількість деталей та складність їх виготовлення.

Перспективною альтернативною моделлю ДВЗ є роторно-поршневий двигун (РПД) Ванкеля. За рахунок відсутності перетворення зворотного-поступального руху в обертальний, двигун Ванкеля має відмінні динамічні характеристики, менші габаритні розміри, високу питому потужність. В той же час, РПД має і ряд недоліків: швидке зношування ущільнювачів ротора, низьку економічність на малих обертах. Головним же недоліком, що заважає двигуну Ванкеля здобути таке ж поширення як і традиційні ДВЗ, є високі вимоги до точності виготовлення його статора з епітрохoidним профілем, що в свою чергу робить його складним у виробництві, оскільки необхідно застосовувати дуже дороге, складне, високоточне устаткування.

В ході науково-дослідної роботи була спроектована тривимірна модель статора РПД та методом скінчених елементів виявлені проблемні зони, що утворюються під час роботи двигуна. Це, в свою чергу, дозволило намітити шляхи покращення технології механічної обробки статора РПД.

В базовому технологічному процесі обробки статора в якості фінішної операції застосовувалося шліфування. Однак при шліфуванні в результаті високих температур в зоні різання з'являються такі недоліки, як шліфувальні прожоги та мікротріщини, утворюються зони вторинного загартування з шарами відпущеного металу, де виникають напруження розтягування, що викликають прискорене зношування та руйнування деталей при експлуатації.

В зв'язку з цим, був розроблений новий технологічний процес, в якому для підвищення зносостійкості статора, що виготовляється з легкосплавних спеціальних матеріалів, його внутрішню епітрохoidну поверхню хромують, а замість шліфування в якості оздоблювальної обробки застосовують внутрішній суперфініш. Але хромовані поверхні важко піддаються суперфінішуванню за традиційними схемами. В цьому випадку була використана ударно-циклічна схему мікрорізання, зміст якої полягає в тому, що до абразивного бруска, який здійснює повздовжній зворотного-поступальний рух відносно оброблювальної поверхні, прикладається нормальна, періодично змінювана сила. Це забезпечує високу продуктивність та високу ріжучу здатність брусків. Для реалізації такої схеми обробки спроектована нова конструкція пристрою для внутрішнього суперфінішування епітрохoidної поверхні статора РПД, що може встановлюватися на супорті звичайного токарно-гвинторізного верстата.

СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РУКИ ЧЕЛОВЕКА

Колесник В. А., аспирант; Дегтярёв С. Г., ученик, ГПТУЗ «Сумский профессиональный химико – технологический лицей»

Целью работы было: изучение основных принципов технологии машиностроения, теоретической механики, электротехники, создание физической модели руки человека.

Актуальность работы заключается в необходимости, для молодого специалиста инженерного профиля, понимать и применять на практике основные принципы технологии машиностроения и теоретической механики.

Достижение поставленных целей проходило в два этапа. Первый этап включал в себя проектирование модели руки человека, второй был сопряжен непосредственно с изготовлением модели.

На первом этапе проводилась конструкторская и технологическая подготовка изготовления модели. Конструкторская подготовка изготовления модели включала в себя: формулировку служебного назначения изделия, разработку конструкции устройства, выбор и обоснование используемых материалов, выбор и обоснование источника питания, создание эскизного проекта. Конструкция модели состоит из четырех основных узлов: блока питания; блока втягивающих, пульта управления и кисти. При создании модели использовались материалы, которые соответствовали четырем основным требованиям: прочность, доступность, простота обработки, долговечность. Таким образом, в модели были использованы медная проволока, трубки из нержавеющей стали, стрежни из углеродистой стали, гетинакс, дерево.

Технологическая подготовка производства может быть разделена на следующие под этапы: изготовление деталей модели; создание технологической схемы сборки. При создании технологической схемы сборки использовались принципы дифференциации сборочных операций, обеспечения качества собираемого устройства, минимизация цикла сборки, минимизация трудоемкости сборочных работ. Создание технологической схемы сборки сопровождалось выбором организационной формы сборки, разбиением изделия на неделимые сборочные элементы, которые были бы удобны как с конструкторской, так и технологической точки зрения и выбором базовой детали. Технологическая схема сборки представлена в виде увеличенной схемы. С нашей точки зрения именно эта форма подачи информации позволяет получить полное представление о процессе сборки.

Создание модели было сопряжено с изготовлением диодного моста блока питания, катушек блока втягивающих, тяг, основания кисти и пальцев. При изготовлении деталей устройства были выполнены простейшие механические и слесарные операции: сверление, пригонка, притирка, шлифтовка.

ФРЕЗЕРНАЯ УГЛОВАЯ ПОВОРОТНАЯ ГОЛОВКА

Шевченко В. О., студент; Некрасов С. С., ст. преподаватель

На большинстве отечественных предприятий установлено довольно старое оборудование. предприятия не имеют возможность закупать современное дорогое оснащение и по этому есть смысл увеличивать возможности уже имеющегося оборудования. Одним из актуальных предложений может быть угловая поворотная головка предназначенная для увеличения возможностей фрезерных 3-х координатных станков с числовым программным управлением.

Представленный на мировом рынке производителями станочной оснастки модельный ряд угловых головок довольно широкий. Постоянный угол 90° и изменяемый от 0 до 90° . Но есть недостаток заключающийся в том что угол выставляется вручную и он не может изменяться в процессе обработки изделия. Этот вариант не совсем подходит для оборудования с системой ЧПУ.

Поэтому авторами было предложено разработать угловую поворотную головку для вертикально-фрезерного станка с ЧПУ с автоматическим поворотом на необходимый угол управляемый от системы ЧПУ. Поворот осуществляется при помощи сервопривода, размещённого на корпусе головки. Установка головки осуществляется в шпиндель станка, т. е. головка может использоваться как специальная фрезерная оправка, что существенно расширяет технологические возможности станка, не оказывая влияния на работоспособность станка.

Известно что при увеличении управляемых осей станка с ЧПУ снижается его жесткость. Использование предложенной головки не оказывает влияния на жесткость станка. Таким образом предложенную фрезерную головку можно использовать не постоянно, а устанавливать при необходимости для чистовых операций фрезерования сложных контуров или сверления отверстий в изделии под различными углами с одной установки.

Проведён численный расчёт момента на шпинделе и сила резания. По результатам расчётов сконструированы шестерни и валы. После проектирования 3D модели в программе SolidWorks, проведены исследования в дополнении Simulation, которые позволили выполнить расчет коэффициента запаса прочности деталей фрезерной головки.

Материалы деталей и корпусной части подобраны таким образом чтобы можно было использовать как можно меньшие размеры и в тоже время чтобы детали выдерживали нагрузки.

Разработанная угловая поворотная головка увеличивает возможности фрезерных станков с ЧПУ, появляется ещё одна управляемая ось. Оснастка имеет недостаток в плане увеличения габаритов и веса, относительно уже имеющегося модельного ряда

ОЦЕНКА ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПО ЗАТРАТАМ ЭНЕРГИИ РАЗРУШЕНИЯ

Геращенко Ю. А., студент

Современная технология располагает большим количеством традиционных и специальных способов обработки, как на черновых, так и на чистовых и отделочных операциях. Все эти способы имеют свои преимущества и недостатки. Для оценки применимости того или иного способа в технологии необходимо располагать определенными критериями. Одним из них, несомненно, может служить энергозатратность при механической обработке.

Такую оценку для материалов-представителей можно провести по работе, затраченной на снятие припуска, отнесенной к объему снятого металла.

$$A_{\text{уд.Мех.}} = \frac{A_{\text{Мех}}}{V} = \frac{P_Z \pi d l}{S_0 S l_1},$$

где $A_{\text{Мех}}$ – механическая работа разрушения поверхностного слоя;

V – объем снятого металла;

P_Z – тангенциальная составляющая силы резания;

d – диаметр заготовки;

l – длина заготовки;

S_0 – подача на оборот;

S – площадь среза (сечения стружки);

l_1 – длина витка стружки.

Работа и объем снятого металла могут быть рассчитаны по формулам режимов резания, приведенным в справочной литературе или по работе разрушения по диаграммам истинных напряжений. При оценке обрабатываемости материалов по выбранным критериям не имеет значения применяемый способ обработки, так как оценка производится путем сравнения.

Работу разрушения металла можно также определить по методике построения диаграмм истинных напряжений и деформации, которая распространяется на конструкционные сплавы, углеродистые нелегированные, слабо- и среднелегированные, сплавы на медной основе, углеродистые инструментальные сплавы и деформируемые аустенитные стали, а так же алюминий, медь, железо.

В основу построения диаграммы положены данные, полученные при стандартных механических испытаниях материалов на растяжение, а так же основные закономерности, характерных для точек диаграмм, полученных в работах Марковца М.П.. Диаграмма истинных напряжений имеет вид, показанный на рисунке.

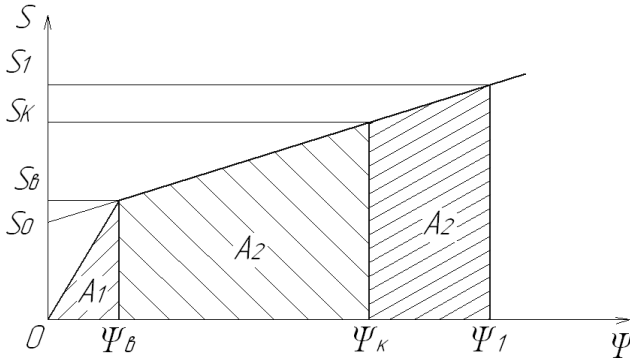


Рисунок – Диаграмма истинных напряжений: S_0 – экстраполированный предел текучести; S_b – истинное напряжение в момент образования шейки; S_k – истинное сопротивление разрушению; ψ_b и ψ_k – относительное сужение в момент образования шейки и разрушения.

При построении диаграмм в координатах $S-\psi$ используются следующие зависимости:

$$\psi_\sigma < 15\%; \quad \frac{S_k}{\sigma_\sigma} = 1 + 1,35\psi_k; \quad \psi = \psi_k; \quad S_k = \sigma_\sigma(1 + 1,35\psi_k)$$

$$\psi_\sigma = 15-29\%; \quad \frac{S_k}{\sigma_\sigma} = 0,92 + 2,06\psi_k; \quad \psi = 0; \quad S_0 = \sigma_\sigma$$

$$\psi_\sigma = 30\%; \quad \frac{S_k}{\sigma_\sigma} = 0,8 + 2,06\psi_k; \quad \psi = \psi_1; \quad S_1 = \sigma_\sigma(1 + 1,35\psi_1)$$

Исходные данные берутся из справочной литературы, например, справочника металлста.

Работу разрушения определяется как сумма площадей, представленных на диаграмме:

$$A_{TEOP} = A_1 + A_2 + A_3,$$

$$A_1 = \frac{S_0\psi_k}{2},$$

$$A_2 = \frac{S_0 + S_k}{2}(\psi_k - \psi_\sigma),$$

$$A_3 = \frac{S_k + S_1}{2}(\psi_1 - \psi_k)$$

Так же нами приведены расчеты для титановых сплавов. Выявлен коэффициент соответствия между первым и вторым вариантом расчетов. Представленная методика позволяет классифицировать машиностроительные материалы по энергетическим затратам работы разрушения и производить экспресс-анализ применяемых способов обработки.

Работа выполнена под руководством доцента Акилова А. И.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХОНИНГОВАНИЯ ГЛУХИХ ОТВЕРСТИЙ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

Цымбал Д. В., студент

Прогресс машиностроения напрямую связан с постоянным повышением требований к надежности и долговечности выпускаемых машин и механизмов. В современных условиях широко используются корпусные детали с главными отверстиями повышенной точности. Конструкция ряда таких деталей имеет глухие отверстия и отверстия с прерывистыми поверхностями в виде окон. С целью повышения износостойкости и защиты от коррозии рабочие поверхности отверстий покрывают слоем электролитического хрома. Качество отмеченных деталей определяется точностью формы и шероховатостью поверхности, обеспечиваемой при изготовлении, и влияет на их работоспособность и эксплуатационный ресурс.

После хромирования требуется механическая обработка деталей, которая в связи с высокой твердостью хрома может выполняться только с применением абразивного (алмазного) инструмента. Наиболее эффективной операцией такой обработки является хонингование.

Проблема повышения точности геометрической формы решается путем применения хонинговальных головок повышенной жесткости, оптимизацией величины давления, длины и перебега брусков. Повышение производительности по рассмотренным схемам достигается за счет выбора рационального режима обработки, увеличения давления на бруски, введения дополнительных движений. Существенным недостатком этих способов является то, что они не обеспечивают интенсивного исправления погрешности формы. Последнее объясняется тем, что интенсивность исправления падает по мере уменьшения погрешности, уменьшения съема металла из-за цикличности процесса, частичного копирования формы за счёт снижения жесткости хонинговальных головок с увеличением диаметра обработки.

Традиционно для достижения требуемой точности применяется замедление скорости продольного хода и выдержка вращающейся хонинговальной головки в конце каждого хода, деление процесса на черновые, чистовые и отделочные стадии, а также периодическая правка хонинговальных брусков. Однако подобные мероприятия существенно снижают производительность обработки.

Разработанная методика расчёта режимов позволяет определить режимы обработки для нового способа хонингования при обработке глухих отверстий с учётом исходной погрешности геометрической формы в продольном сечении.

Создан новый способ хонингования, позволяющий расширить технологические возможности данной операции путем разделения разжимного элемента (конуса) на две части и автономного управления каждой из них.

Работа выполнена под руководством доцента Савчука В. И.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШЕЕК ВАЛОВ ПУТЁМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОТДЕЛОЧНОГО ЭТАПА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Севати С. А., студент

Для производства серной кислоты требуется применение нагнетателей центробежного типа Э1700-11-2М, который интенсивно эксплуатируется в условиях химического производства. Одной из основных деталей этого изделия является вал, подшипниковые поверхности которого значительно влияют на надёжность и долговечность изделия. К подшипниковым шейкам конструктором предъявлены высокие требования по точности формы (круглость и радиальное биение не более 0,01 мм) и шероховатости поверхности $R_a=0,32$ мкм. Анализ показывает, что более 42% поверхностей валов, обработанных на отделочном этапе суперфинишированием, имеют не выведенную погрешность формы в поперечном и продольном сечении, а также дефекты поверхности в виде царапин, надиров. Это отрицательно сказывается на работе изделия, снижая его надёжность и долговечность.

Существующие недостатки качественных показателей шеек вала можно устранить методом размерного суперфиниширования. Для этого была предложена кинематическая схема обработки способом двойной осцилляции брусков, в которой расширены условия варьирования временем контакта инструмента с поверхностью, что позволило реализовать оптимальные режимы обработки. Выполненные теоретические исследования предложенной схемы, позволили определить условия, при которых обеспечивается устранение погрешности цилиндрической формы шейки вала и требуемая шероховатость поверхности.

Для реализации кинематических условий предложенной схемы обработки была разработана новая конструкция суперфинишной головки и выполнена модернизация кинематической схемы суперфинишного станка. В процессе модернизации станка разработан механизм синхронизации осевых и радиальных колебаний абразивного инструмента. Это позволило расширить диапазон времени контакта бруска с поверхностью и реализовать различные варианты оптимальных режимов обработки.

Для повышения точности формы поверхностей шеек вала была разработана суперфинишная головка, в конструкции которой реализована многобрусовая схема с жёсткой кинематической связью между брусками и поджимом брусков к изделию с заданной силой через самотормозящиеся звенья.

Проведенные промышленные испытания суперфинишных головок позволили разработать практические рекомендации для разработки новых конструкций суперфинишных станков. Также эксперименты позволили предложить рекомендации для выбора режимов резания, чтобы обеспечить требуемые чертежом точность формы и шероховатость поверхности.

Работа выполнена под руководством доцента Савчука В. И.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ВАЛОВ С УЧЁТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Ревенко Р. С., студент

Многолетней практикой использования изделий в промышленности установлено, что надёжность и долговечность их работы зависят от качественных показателей поверхностного слоя деталей, которые формируются на всех стадиях технологического процесса их обработки.

Такие детали, как роторы центрифуг, валы кулачковых механизмов, насосов, коленчатые и распределительные валы компрессоров, автомобилей, тракторов, различающихся физико-механическими характеристиками, предназначены для длительной работы в производственно-бытовых условиях и требуют высокой износостойкости поверхностей пар трения. Метод двойной осцилляции брусков позволяет обрабатывать широкий диапазон металлов и сплавов, имеющие различные физико-механические характеристики. На практике подобрать оптимальный режим резания (по производительности) для каждого материала занимает значительное количество времени. Кроме того, устройства для суперфиниширования не всегда обеспечивают требуемый режим резания.

В ранее проведенных работах была разработана классификация материалов по группам обрабатываемости, в которой учитывалась технологическая наследственность режимов методов, предшествующих методам отделочного этапа обработки валов. Классификация разрабатывалась с учётом структуры поверхностного слоя материала, которая окончательно формировалась на отделочном этапе технологического процесса изготовления изделия. Это позволило выделить металлы-представители с практически одинаковыми физико-механическими характеристиками и рекомендовать один оптимальный режим резания (с наибольшей производительностью) для выделенной группы материалов.

Для подтверждения теоретических предпосылок была разработана универсальная конструкция устройства, в которой реализовывались оптимальные режимы резания для выделенных групп материалов. Конструкция устройства позволяет изменять соотношение частот осевых и радиальных колебаний бруска и реализовать различное время его контакта с поверхностью детали. Кроме того, непрерывная очистка бруска от шлама в процессе работы устройства позволяет обрабатывать цветные металлы, нержавеющие и высоколегированные стали, которые ранее суперфинишированием не обрабатывались.

Проведенные эксперименты позволили разработать практические рекомендации для проектирования новых конструкций устройств для суперфиниширования и выбора оптимальных режимов резания (по производительности) деталей с различными физико-механическими характеристиками.

Работа выполнена под руководством доцента Савчука В. И.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шапошников Д. А., студент

Устройство предназначено для последовательной обработки плоской поверхности фрезерованием торцевой фрезой и шлифованием чашечным кругом на одном станке с одной установки. Такое техническое решение позволяет максимально сократить время на обработку за счёт совмещения операций и минимизации снимаемого припуска, что особенно важно при формировании режущей кромки. Кроме того, существенно повышается точность размеров и формы поверхности.

Устройство может быть использовано, например, при обработке направляющих станин на продольно-фрезерных станках, когда основной припуск снимается лезвийным инструментом с соответствующей производительностью, а окончательно поверхность формируется шлифованием с достижением наиболее качественной поверхности за счёт съёма минимального припуска.

Кроме этого, наиболее целесообразно применение устройства для решения нестандартных задач, которые в существующих обычных условиях производства практически невыполнимы. Например, в полиграфии и, особенно, в деревообработке при использовании плоских ножей с малыми углами заострения, достигающих в длину 4 000 мм, в силу целого ряда обстоятельств, образуется катастрофический скол режущего лезвия, восстановление которого шлифованием закалённой инструментальной стали чрезмерно трудоёмко и часто бывает нецелесообразно. Отсутствие специальных фрезерных станков на предприятиях приводит к накоплению неиспользуемого дорогостоящего инструмента, и даже в условиях централизованной заточки восстановление ножей весьма проблематично.

В этом случае единственным доступным для реализации решением является использование имеющегося специального заточного станка для съёма катастрофического припуска фрезерованием, при котором ограничение скорости резания возможно только выбором размеров фрезы в условиях постоянной угловой скорости шлифования.

Устройство представляет собой оправку, на которой соосно расположены фреза и чашечный шлифовальный круг. Круг жёстко крепится на оправке и неподвижен относительно её корпуса в осевом направлении. Фреза находится внутри шлифовального круга и может занимать два фиксированных положения относительно него: рабочее и нерабочее. Перемещение фрезы и её фиксация осуществляется за счёт специального механизма, который последовательно движением осевого стержня под действием приложенной нагрузки обеспечивает одно из двух выбранных положений фрезы.

Работа выполнена под руководством доцента Алексеенка Д. М.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 1М553

Кононенко С. А., студент

Решение проблемы расширения технологических возможностей металлорежущих станков всегда было актуальным для большинства машиностроительных заводов. Для решения данной проблемы металлорежущие станки оснащали устройствами ЧПУ, устройствами автоматической смены режущего инструмента, устройствами контроля размеров деталей непосредственно на станке. Так, например существует ряд деталей цилиндрической формы имеющих небольшие полости, карманы или пазы расположенные перпендикулярно к оси вращения. В этом случае для совмещения нескольких операций в одну требуется разработка специальных устройств на базе токарного станка для проведения концевое фрезерования, с осью вращения инструмента перпендикулярной, оси вращения детали. Разработка подобных устройств особенно становится целесообразной в случае обработки деталей больших габаритных размеров. Поскольку в этом случае время на установку детали на стол станка и ее выверку может быть гораздо большим, чем собственно основное время на обработку поверхности. Это позволит уменьшить себестоимость обработки детали за счет сокращения времени, уменьшения количества задействованного оборудования и численности основных рабочих.

Так как базовыми операциями для обработки подобных деталей являются токарно-карусельные, поэтому совмещать операции целесообразно на их базе. То есть следует разработать специальные механизированные устройства, которые позволили бы производить концевое фрезерование с осью вращения фрезы перпендикулярной оси вращения детали. Данная проблема не является новой и поэтому в мире существует ряд подходов для ее решения. Первым, из которых является использование токарно-карусельных станков имеющих комплектацию данной фрезерной головкой заводом изготовителем. Вторым подходом является использование существующих фрезерных головок, в которых вращение фрезы осуществляется путем подключения фрезерной головки к электродвигателю поворота револьверной головки. Но указанные подходы не позволяют использовать для обработки подачу перпендикулярную траверсе станка, и кроме того, ряд станков например станок модели 1М553 не имеют револьверной головки и как следствие привода к которому ее можно было бы подключить для осуществления вращательного движения фрезы.

Таким образом, для токарно-карусельного станка модели 1М553 была разработана фрезерная головка с двумя независимыми электродвигателями постоянного тока, которые обеспечивают главное движение (вращение концевой фрезы) и движение подачи (перемещение концевой фрезы перпендикулярно траверсе станка).

Работа выполнена под руководством доцента Емельяненко С.С.

СИСТЕМА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ ЗАТИСКНИХ МОДУЛІВ ГНУЧКИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОІВ

Обравит Ю. А., студент; Іванов В. О., старший викладач

Останнім часом спостерігається тенденція, спрямована на підвищення гнучкості технологічної системи «верстат – пристрій – інструмент – деталь», та кожного структурного елемента зокрема. Ефективність реалізації такого підходу суттєво залежить від досконалості верстатних пристроїв (ВП). Розглядаючи структуру ВП, можна виділити такі функціональні модулі: базуючий модуль (призначений для базування заготовки); затискний модуль (призначений для закріплення заготовки); опорний модуль (призначений для розміщення структурних елементів ВП). Затискні модулі (ЗМ) відіграють важливу роль, забезпечуючи надійне закріплення заготовки, виключаючи її вібрації та зміщення відносно установлювальних елементів базуючого модуля під час механічної обробки. Велика кількість найменувань та типорозмірів затискних модулів, різний ступінь автоматизації та вартість спричиняє труднощі при визначенні найвигіднішої конструкції для заданих виробничих умов, що і становить актуальність даного дослідження.

У сучасних умовах багатонаменклатурного машинобудування вибір оптимального варіанта ЗМ є багатокритеріальною задачею, тобто здійснюється з використанням кількох цільових функцій, які відповідають технологічному, технічному та економічному критеріям, а саме: похибка закріплення заготовки ($\epsilon_3 \rightarrow \min$), ступінь часової гнучкості ЗМ ($G_{ЗМ} \rightarrow \max$), вартість ЗМ ($C_{ЗМ} \rightarrow \min$). До технічних обмежень належать: допустима похибка закріплення заготовки ($\epsilon_3 \leq [\epsilon_3]$); допустимий ступінь гнучкості ($G_{ЗМ} \geq [G_{ЗМ}]$); сила закріплення заготовки ($F_{різ} < F_{закр} \leq [F_{закр}]$). Вибір найвигіднішої конструкції ЗМ здійснюється за методом послідовних похибок, який не призводить до суб'єктивного призначення поступок, оскільки крок їх призначення буде різним і відповідатиме конкретному ЗМ.

Перевірка розробленої математичної моделі виконувалася для сталюї корпусної деталі призматичної форми, базування якої здійснюється за трьома площинами та потребує закріплення у горизонтальному та вертикальному напрямках. Використовуючи задані виробничі умови (розмір партії запуску, необхідний ступінь гнучкості), конструкторську документацію (параметри точності та якості поверхонь), технологічну інформацію (параметри обробки) та запропоновану математичну модель зі сформованої бази даних ЗМ визначено найвигіднішу конструкцію. Для перевірки здатності обраного ЗМ сприймати силові навантаження виконано чисельне моделювання за методом скінченних елементів.

Запропонована інженерна методика дозволяє скоротити витрати часу при проектуванні компонувань гнучких ВП для обробки деталей на верстатах свердлильно-фрезерно-розточувальної групи.

ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ ВАЛА АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ С ПОМОЩЬЮ САМ- СИСТЕМЫ SPRUTCAM

Гайдук С. В., студент; Третьяк В. В., доцент, НАКУ «ХАИ», г. Харьков

SprutCAM - программное обеспечение для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ. SprutCAM единственная российская САМ-система, и одна из немногих среди мировых, поддерживающая разработку управляющих программ для многокоординатного, электроэрозионного и токарно-фрезерного оборудования с учетом полной кинематической 3D-модели всех узлов в том числе. SprutCAM позволяет создавать 3D-схемы станков и всех его узлов и производить предварительную виртуальную обработку с контролем кинематики и 100 % достоверностью, что позволяет наглядно программировать сложное многокоординатное оборудование. SprutCAM используется в металло- и деревообрабатывающей промышленности; для электроэрозионной, фрезерной, токарной, токарно-фрезерной, лазерной, плазменной и газовой обработки; при производстве оригинальных изделий, штампов, пресс-форм, прототипов изделий, деталей машин, шаблонов, а также гравировки надписей и изображений. SprutCAM успешно внедрялся с различным оборудованием любой сложности. В SprutCAM реализована интеграция по прямой передаче данных со следующими САД-системами: AutoCAD, Alibre Design, Rhinoceros, SolidEdge, SolidWorks, КОМПАС-3D.

Разработан процесс обработки детали вала авиационного двигателя.

Шлицевой вал устанавливается в регуляторе привода генератора. Деталь имеет осесимметричную форму с центральными и радиальными отверстиями. Для восприятия и передачи крутящего момента служат такие конструктивные элементы как шлицы эвольвентного профиля. Точность большинства линейных размеров – 12 квалитет, но имеются и более точные поверхности. Это поверхности под посадку подшипников, выполненные по 6 квалитету, поверхности под фрезерование шлицев – по 7 квалитету. Деталь выполнена из стали 40ХН2МА-Ш. Шлицевой вал имеет небольшие габаритные размеры. Заготовка вала была получена штамповкой на горизонтально-ковочной машине.

На основе проведенного анализа детали и заготовки создана ее 3D-модель и модель заготовки в программе SprutCam с помощью 2D- и 3D-геометрии. Для обработки вала подобрано необходимое металлообрабатывающее оборудование для токарной черновой, токарной чистовой, сверлильной, фрезерной обработки (токарные станки с ЧПУ, токарно-фрезерные станки с ЧПУ, фрезерные станки с ЧПУ и др.). Также были подобраны необходимые режимы резания для обработки. Выбраны необходимые режущие инструменты (резцы, сверла, развертки, фрезы и др.). Разработаны управляющие программы для данных операций.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕТАЛИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ СПРУТ-ТП

Ладимирыч В. Ю., студент; Тертыяк В. В., доцент, НАКУ «ХАИ», г. Харьков

Система СПРУТ-ТП предназначена для информационной поддержки процесса технического проектирования и автоматизации разработки технологических процессов (ТП). Использование СПРУТ-ТП позволяет значительно сократить сроки проектирования ТП и быстро сформировать комплект технологической документации. В СПРУТ-ТП работа ведется непосредственно с документами, что позволяет их быстро создавать и редактировать. В данной системе работа ведется с комплектом активных документов, проектирование ТП ведется одновременно с его автоматическим оформлением. В систему встроены широкий набор сервисных функций, облегчающий процесс формирования документации - от подбора информации из электронных справочников до применения автоматических решений. Использование СПРУТ-ТП позволяет значительно ускорить и облегчить работу по разработке ТП, исключить ошибки и многократное переделывание одного и того же документа. Система СПРУТ-ТП обладает высоким уровнем автоматизации благодаря функции автоматического поиска и применения системой решений, полученных в ранее выполненных проектах, автоматизированного проектирования ТП на основе шаблонов, автоматизированного проектирования операций с выбором оборудования, текста переходов, подбором инструмента, расчетом режимов обработки и норм времени на основе технологических баз знаний, автоматического формирования сводных ведомостей и спецификаций на ТП, изделие или заказ. СПРУТ-ТП содержит комплекты документации на следующие виды ТП: механообработка, сборка, холодная штамповка,ковка и горячая штамповка, литье, термическая обработка, покрытия, сварки, пайки, электромонтаж. В автоматизированном режиме проектируются операции, подбирается оборудование, формируются тексты переходов, рассчитываются припуски на обработку, подбираются инструменты, рассчитываются режимы обработки и времена (подготовительно-заключительное $T_{пз}$, штучное $T_{шт}$, основное T_o , вспомогательное T_v).

В ходе работы в системе СПРУТ-ТП был разработан технологический процесс детали (вал-шестерня), которая является составляющей частью гидромашины. Вал служит для передачи крутящего момента между вспомогательным валом дифференциала – солнечной шестерней и блоком цилиндра гидромашины.

Разработан комплект документации с заданными параметрами установа, выбранным оборудованием, нормированным подготовительно-заключительным и вспомогательным временем. Спроектированы переходы операций: нормированы режимы обработки, основное и вспомогательное время, сформированы соответствующие переходы в операционных картах.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЕТАЛИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТОРА БАЗ ЗНАНИЙ

Семенов А. В., студент; Третьяк В. В., доцент, НАКУ «ХАИ», г. Харьков

Система генерации баз знаний предназначена для компьютеризации инженерных знаний, используемых в процессе проектирования изделия и технологического процесса [1].

Элемент знаний – это модуль инженерных знаний (МИЗ), представляющий собой продукционное правило. МИЗ характеризуется входными и выходными свойствами, ограничениями на значения входных свойств и механизмом преобразования входных свойств в выходные.

Модули инженерных знаний реализуют следующие функции: присваивание значений выходным свойствам, определение значений по таблицам, выбор значений из базы данных, вычисление значений по формулам, расчет значений с помощью программных модулей, построение геометрических образов.

Модули инженерных знаний объединяются в функциональные библиотеки – базы знаний, имеющие общий словарь (список свойств), из которого выбирают входные и выходные свойства МИЗ.

Связанные между собой по входу и выходу модули инженерных знаний образуют методы, которые можно присоединять к объекту, описанному в редакторе информационных моделей.

Для каждого модуля инженерных знаний и для каждого метода в системе автоматически генерируется PRT-модуль, который может быть использован в прикладных системах, разрабатываемых в среде СПРУТ ТП [2].

В предлагаемой работе была разработана база знаний и метод для расчета режимов резания детали газогенератора агрегата авиационного двигателя - «Опора». Расчет режимов резания всех операций был произведен с помощью баз знаний для последующего использования в среде СПРУТ ТП.

Данный метод позволяет оптимизировать разработку ТП и ускорить процесс изготовления изделия.

Проведено сравнение результатов расчета в среде СПРУТ и вручную.

Использование баз знаний позволяет значительно ускорить разработку групповых ТП для изделий типа опора и смежных с ним.

Список литературы

1. Система генерации баз знаний. – М.: Центр СПРУТ-Т, – 2000. – 14с.
2. Расчет режимов резания в технологических базах знаний / В.В.Третьяк, С.В.Худяков, А.Ю.Комаров // Авиационно-космическая техника и технология: – Х., Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", – 2010. – 55с.

АГРЕГАТНЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ ГОЛОВКИ, СОДЕРЖАЩИЕ ЗУБЧАТОЕ ЗАЦЕПЛЕНИЕ

Голубев А. Ю., магистрант; Кушницров П. В., доцент

Торцовое фрезерование специальными агрегатными фрезерными головками (АФГ), содержащими режущие элементы со сверхтвердыми материалами, позволяет повысить производительность и качество обработки. В частности, обработка широких плоских поверхностей заготовок может осуществляться с помощью АФГ с пересекающимися траекториями перемещения режущих элементов. Это обеспечивает получение непрерывной по ширине обработанной плоской поверхности.

Известные технические решения подобных АФГ обычно содержат торцовые фрезы одного диаметра, причем передача крутящего момента от привода осуществляется с помощью зубчатого зацепления. Указанное зацепление дает возможность вращения шпинделей фрез без взаимного проворачивания, т.е. без заклинивания или поломки режущих ножей.

Однако ширина обрабатываемых плоскостей не всегда соответствует набору торцовых фрез одного диаметра (например, двух фрез диаметром 315 мм): в наиболее общем случае ширина обработки может быть получена набором фрез разных диаметров. При этом возникает проблема подбора и оптимизации параметров зубчатого зацепления, обеспечивающего работоспособность такой АФГ.

Конструкции таких АФГ могут содержать зубчатые колёса, размеры которых соответствуют размерам торцовых фрез, в том числе и большого диаметра. Но могут быть и иные конструктивные решения, например, с паразитными промежуточными шестернями малого диаметра. При нахождении параметров требуемых при этом зубчатых зацеплений необходимо учитывать целый ряд стандартных или рекомендуемых значений, которым должны соответствовать отдельные элементы АФГ. Например, диаметры торцовых фрез должны быть выбраны из стандартного ряда, каждому типоразмеру фрез должно соответствовать определенное рекомендуемое количество режущих элементов, модуль зубчатого зацепления должен быть стандартным и зависеть в свою очередь от размеров и количества режущих элементов фрез.

Проведенные расчеты и моделирование на ЭВМ позволили получить данные о параметрах зубчатых соединений различных пар торцовых фрез, позволяющих получать необходимую ширину обработки плоских поверхностей.

Это позволяет в свою очередь более экономично использовать разные сочетания фрез для обработки требуемой ширины плоскости. В частности, обрабатываемую плоскость заготовки можно формировать сочетанием разных фрез, например, фрезами диаметрами 315 и 200 мм.

ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЗВУКОВОГО БАРЬЕРА ЧЕЛОВЕКОМ

Кушницов П.В., доцент

Мечта преодолеть звуковой барьер появилась у человечества с тех пор, когда скорости управляемых технических устройств стали превышать значения полтысячи километров в час. В годы Второй мировой войны летчики уже вплотную приближались к скоростям, близким к скорости звука. Однако при этом пилотируемые машины переставали слушаться рулей управления, неожиданно возникали сильные вибрации, и дальнейшие попытки продолжения полета в создавшихся условиях были чреваты катастрофическими последствиями. Необходимо было разобраться в причинах и путях преодоления возникших трудностей.

В связи с этим, кроме объективных технических проблем, требовавших своего решения, возникли и проблемы психологического порядка: всё больше стало звучать голосов скептиков о том, что скорости порядка 1100-1200 км/ч достичь и преодолеть не удастся. И что, вполне возможно, это является «порогом», пределы которого человеку вряд ли когда-нибудь суждено будет преодолеть.

Но, в конце концов, изучив техническую сторону так называемого «волнового кризиса» предзвуковых скоростей, была преодолена и психологическая проблема возможности достижения такой значимой для человека отметки скорости.

Лётчик-испытатель американец Чак Йегер стал первым пилотом, достигшим 14 октября 1947 года сверхзвуковой скорости в управляемом полёте на самолёте Х-1.

После этого скорость звука преодолевалась и пассажирскими сверхзвуковыми самолетами (американским «Douglas DC-8», советским Ту-144, англо-французским «Конкордом»).

15 октября 1997 г. перейти звуковой барьер удалось и на земле – на гоночном реактивном автомобиле «Thrust SSC» англичанину Энди Грину (1227,9 км/ч). Это произошло на специальной трассе на дне соляного озера длиной 21 км в штате Невада.

Превысить звуковой барьер удалось человеку и без специальных моторизированных транспортных средств. 14 октября 2012 года австрийский парашютист Феликс Баумгартнер совершил успешный прыжок из стратосферы с высоты 39 километров. Во время свободного падения он достиг скорости 1342,8 км/ч.

Таким образом, мечта о преодолении человеком звукового барьера была успешно осуществлена. При этом, наряду с решенными проблемами технического порядка, не менее значимыми оказались и проблемы психологического плана, которые также своевременно были преодолены.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЕКТУВАННІ В МАШИНОБУДУВАННІ

Думанчук М. Ю., ст. викладач, СНАУ, м. Суми

Найбільш важливим і відповідальним етапом технологічної підготовки виробництва є технологічне проектування, від якості виконання якого в значній мірі залежать техніко-економічні показники виробництва виробів. Одним з напрямів скорочення трудомісткості і підвищення якості цього етапу є типізація і уніфікація технологічних процесів. Типова і групова технологія не дозволяють ефективно вирішувати питання проектування якісних технологічних процесів в умовах швидкої непередбачуваної зміни номенклатури виробів, що виготовляються. Основним їх недоліком цих методів є класифікація деталей по конструктивних ознаках. Подальшим розвитком типізації і уніфікації технологічних процесів є ідея побудови технологічних процесів за модульним принципом - модульна технологія.

У основу модульної технології покладена класифікація поєднання поверхонь деталей по службовому призначенню. Така класифікація дозволяє різко обмежити кількість класифікаційних угруповань. Отримана номенклатура типів модулів поверхонь обмежена 26 найменуваннями, що відкриває широкі можливості для типізації і уніфікації технологічного забезпечення їх виготовлення. Однозначність визначення модулів поверхонь дозволяє скористатися їх технологічним забезпеченням будь-якому машинобудівному підприємству. Під виготовлення конкретного модуля поверхонь створюється технологічний модуль, що є частиною технологічного процесу. Технологічні модулі розробляються також для поєднань модулів поверхонь, званих інтегральними модулями поверхонь, що часто зустрічаються. Технологічний модуль містить перелік і послідовність переходів, обумовлених конструктивним оформленням модуля поверхонь деталі, його розмірами, вимогами до якості, а також заготовчим модулем, який визначає величини припусків, що підлягають з кожної поверхні модуля. Під кожен типовий технологічний модуль створюється типове технологічне оснащення у вигляді модулів устаткування, модулів пристосувань, інструментальних модулів і модулів контрольно-вимірювальних засобів.

Технологічний процес виготовлення виробу будується за принципом послідовного виконання технологічних модулів, відповідних вхідним в деталь модулям поверхонь, при цьому, якщо типовий модуль поверхонь містить надмірні поверхні в порівнянні з що реально існує у деталі, то відповідні елементи технологічного модуля опускаються.

Модульний підхід до проектування технологічних процесів дозволяє не тільки забезпечити високу якість і стислі терміни ТПП, але і дозволяє легко і швидко змінювати технологію відповідно до передових наукових розробок, ефективно упроваджувати їх у виробництво.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВІТРЯНО-ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ МЕТАЛУ

Гончаренко І. Г., магістрант; Міненко Д. О., асистент

Основними параметрами, що регулюються при повітряно-плазмовій різці є: зазор між соплом плазмотрона і листом, сила струму плазмової дуги і швидкість різання, а також тиск плазмоутворюючого повітря. Зазор між соплом плазмотрона і заготовкою впливає на скіс кромки різа: чим більше зазор, тим більше кут косу кромки різу. Підтримка постійної величини зазору забезпечує отримання якісного різа без дефектів на кромках. Зменшення оптимальної величини зазору приводить до передчасного згоряння сопла і електроду. Особливо це виявляється при контакті сопла з листом металу що розрізають. Оптимальний зазор при повітряно-плазмовій різці складає 1 - 2 мм.

Сила струму і швидкість різу взаємопов'язані. Зі збільшенням сили струму можливо збільшити швидкість різу. Для максимальної продуктивності доцільно використовувати максимально можливу силу струму, однак при різці тонких листів металу на високій силі струму можливо оплавлення кромки деталей. Швидкість різання в поєднанні з силою струму мають істотний вплив на якість різу. Швидкість різання повинна бути такою, щоб кут відставання прорізання нижньої кромки від верхньої не перевищував 5 градусів. Швидкість різу в залежності від сили струму і товщини листа металу, визначається з виразу:

$$V = 150 \frac{1}{\delta} \cdot K_m$$

де: V – швидкість різу, мм/хв; I – сила струму, А; δ – товщина листа металу, мм; K_m – коефіцієнт матеріалу, який враховує вид матеріалу що розрізається: для вуглецевих сталей $K_m=1$; для алюмінієвих сплавів $K_m=0,6$; для мідних сплавів $K_m=0,4$; для жаростійких сталей $K_m=0,8$.

Вибір оптимального тиску забезпечує високу якість різу і найбільшу тривалість служби електроду й сопла. При підвищеному тиску виникають проблеми на початку процесу різання, зменшується термін служби електроду. При зниженому тиску плазмотрон недостатньо охолоджується, що може призвести до подвійної дуги і руйнування сопла. Оптимальним тиском для досліджуваних плазмотронів є тиск 5 - 5,5 мПа. Для надійної роботи плазмотрона повітря має задовольняти необхідним параметрам вологості, вмісту мастил і тиску. Невідповідність перших двох параметрів необхідним значенням може призвести до електричного пробую в плазмотроні, а знижений тиск приведе до збільшення діаметра дуги, що зменшить термін служби електроду й сопла, погіршить якість поверхні різа і знизить точність різки.

ЗАГАРТУВАННЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ВІБРУЮЧОЮ ПЛАЗМОВОЮ ДУГОЮ

Бугрик Д. Є., студент; Отенко М. В., магістрант; Міненко Д. О., асистент

Сутність плазмового загартування полягає у високошвидкісному нагріві потоком плазми поверхневого шару металу і швидкому його охолодженні.

Запропоновано новий спосіб плазмового загартування, який полягає у суміщенні поступального переміщення плазмотрону вздовж заготовки з віброскануванням поверхні заготовки - вібрацій плазмотрона перпендикулярно його руху. Для цього плазмотрону забезпечують коливальні рухи з амплітудою 5-20 мм. У результаті сполучення такого коливального руху з поступовим переміщенням на поверхні заготовки утворюється спіральний слід.

Плазмовий струмінь, зробивши розігрів одного проходу, переходить до розігріву наступного. Тепло від кожного проходу поширюється в тіло заготовки тим самим, не даючи охолонути металу, розігрітому на попередньому проході. Таким чином, не відбувається оплавлення деталі, так як плазмовий струмінь кожен раз проходить по новій ділянці поверхні, а тепло від кожного наступного проходу підживлює вже розігріту область, не даючи їй передчасно охолонути. У зв'язку із збільшенням часу нагріву заготовки також можливо отримати загартування на більш значну глибину.

Проведені аналітичні та експериментальні дослідження розробленого методу поверхневого загартування вібруючою плазмовою дугою дозволяють зробити наступні висновки:

а) Запропонований метод поверхневого загартування вібруючою плазмовою дугою забезпечує поряд з мінімальним часом розігріву поверхні деталі досить тривалий час витримки, що сприяє повному фазовому перетворенню поверхневого шару і дозволяє забезпечити твердість поверхні деталі зі сталі 20X13 в межах 38-45 HRC_э.

б) Розроблений пристрій, що працює за методом поверхневого загартування вібруючою плазмовою дугою, дозволяє в найкоротші терміни здійснити переобладнання фрезерного або стругального верстата в установку плазмового загартування тим самим скоротити кількість операцій термічної і шлюсарної обробки;

в) В результаті експериментальних досліджень встановлено, що найбільш важливим параметром при поверхневому загартуванні деталей плазмовою дугою є сила струму, яка залежить від геометричних параметрів деталі і швидкості руху плазмотрону. Для загартування деталей товщиною 20 мм із сталі 20X13 найбільш раціональними є режими: сила струму $I=22A$; відстань від поверхні до сопла Н 2-4 мм; швидкість руху плазмотрона $V=3$ м/хв, частота коливання плазмотрона $\mu =500$ коливань в хвилину.

ТЕХНОЛОГІЯ СТРОЖКИ МЕТАЛУ ПЛАЗМОВОЮ ДУГОЮ

Осадчий С. О., магістрант; Міненко Д. О., асистент

Плазмова строжка - це процес зняття матеріалу з поверхні виробу за допомогою плазмової дуги. Тепло, що підводиться плазмовою дугою, дозволяє утримувати матеріал в розплавленому стані. Тиск плазмової дуги допомагає витіснити розплавлений метал із зони різання. Плазмова строжка застосовується для видалення дефектів зварних швів або поверхневих дефектів конструкційних і вуглецевих сталей. Оскільки поверхня, підготовлена під заварювання, виходить гладкою, немає необхідності виконувати додаткову обробку абразивом. Підводиться мала кількість теплоти, що забезпечує мінімальне жолоблення заготовок. Оператор з легкістю може контролювати та регулювати процес строжки. Шум і дим, які супроводжують плазмову строжку, набагато менше, ніж у випадку строжки за допомогою вугільної дуги.

При плазмовій строжці поверхні металу використовуються наступні параметри обробки: тип та тиск плазмоутворюючого газу; сила струму дуги; довжина плазмової дуги; розмір сопла; швидкість строжки; кут нахилу плазматрона.

Найбільш часто для плазмової строжки використовують повітря, яке доступне на всіх підприємствах, коштує недорого, і забезпечує гарну якість при строжці низьковуглецевої сталі та чавуну.

Регулюючи силу струму оператор може контролювати діаметр дуги і ширину канавки від строжки, тобто і контролювати кількість металу видалається за один прохід.

Довжина дуги це відстань між соплом і металом. Чим далі сопло від металу, тим більше ширина і менше глибина канавки. Чим ближче сопло, тим глибше і вужче буде канавка.

Швидкість переміщення різачка дозволяє регулювати глибину і ширину канавки. Велика швидкість переміщення буде забезпечувати неглибоку канавку, незалежно від розміру сопла. При уповільненні переміщення, канавка збільшується і стає значно глибше.

Кут нахилу плазмотрона має вирішальне значення для управління продуктивністю строжки. Кут нахилу плазмотрона має вирішальне значення для управління продуктивності строжки. Малий кут нахилу справить видалення малої кількості металу. При збільшенні кута, канавка стане ширше і глибше. Якщо кут випередження занадто великий, як правило 50 градусів або більше, розплавлений метал не може бути видалений з борозни, а може відкидатися назад на сопло плазмотрона. Для досягнення оптимальних результатів кут нахилу плазмотрона повинен бути 35 градусів.

ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ГЛИБОКОГО СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ МАЛОГО ДІАМЕТРА

Захаркін О. У., доцент; Горюнова О. В., магістрант

В сучасному машинобудуванні широко використовуються вироби різного призначення, які мають глибокі отвори. Глибоким прийнято вважати отвір, якщо його глибина перевищує діаметр в п'ять або більше разів. Труднощі які виникають при обробці таких отворів пов'язані;

- з необхідністю, в більшості випадків, подачі мастильно-охолоджуючої рідини в зону різання;
- з необхідністю забезпечення гарантованого подрібнення стружки та відводу її з отвору;
- з низькою стабільністю роботи технологічної системи, низькою міцністю та жорсткістю інструмента при свердлінні отворів малого діаметра.

Всі ці фактори викликають необхідність зниження режимів різання, використання спеціальних технологічних рішень, спеціального обладнання та оснащення.

Особливу складність представляє обробка глибоких отворів у в'язких матеріалів: жаростійких сталях та сплавах. Стружку, яка формується при обробці, важко видалити, тому це може призвести до руйнування інструмента. В деяких випадках застосовують підвищення тиску подачі МОР в зону різання для кращого відведення стружки, а також механічне її подрібнення за допомогою використання в конструкції інструмента спеціальних пристроїв, але це не завжди гарантує бажаний результат. Тому доцільніше застосовувати кінематичне подрібнення стружки, яке виконується при застосуванні вібраційного свердління.

Даний спосіб обробки характеризується тим, що на осьовий рух подачі накладаються додатковий осцилюючий рух інструмента або заготовки, який забезпечує кінематичне подрібнення стружки. Вібраційне свердління також дозволяє підвищити продуктивність обробки.

Але не зважаючи на всі переваги вібраційного свердління, «корпус» інструмента залишається найбільш не стійкою частиною системи. Так як при свердлінні під дією крутного моменту M та осьової сили P на інструмент діє навантаження, яке виникає при обертанні, також виникає навантаження повздовжнього згину. Враховуючи збільшену довжину свердла, необхідна достатня міцність та жорсткість його стебла, при обробці отворів малого діаметра. Дія повздовжнього згину найбільш небезпечна в початковий час роботи, тому при розрахунку свердла на повздовжній згин необхідно вважати головною задачею визначення мінімального осьового моменту інерції для перетину складного профілю.

Метою даної роботи є підвищення міцності інструмента для глибокого свердління отворів малого діаметра, за рахунок застосування вібраційного свердління.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Гончаренко А. Г., студент

Надежность работы металлорежущих станков и их комплексов во многом зависит от правильной эксплуатации инструмента. Под рациональной эксплуатацией инструмента понимается решение ряда вопросов, направленных на повышение производительности труда, сокращение удельного расхода инструментов, повышение качества обрабатываемых изделий, снижение затрат на обработку.

Важным является определение момента, когда инструмент необходимо снимать со станка для его замены и переточки. Степень допустимого износа инструмента зависит от его типа и назначения. Так при черновой обработке допускается износ резцов по задней поверхности на величину до $1,5 \div 1,9$ мм, а при чистовой до $0,6 \div 0,7$ мм. Допустимый износ цилиндрических, концевых, дисковых, фасонных фрез колеблется в пределах $0,2 \div 0,4$ мм, а сверл диаметром свыше 25 мм - $0,5 \div 1,0$ мм.

Режущие свойства инструмента определяются сложным комплексом факторов. Например, они зависят от химического состава, структуры и кристаллографического строения решетки инструментального материала, которые определяют важнейшие эксплуатационные свойства инструмента - микротвердость, теплостойкость, теплопроводность, прочность, ударную вязкость, коррозионную стойкость и стойкость против окисления при повышенных температурах. В свою очередь, указанными свойствами инструментального материала определяют контактные характеристики, тепломеханическое напряженное состояние и работоспособность инструмента. Кристаллографическое строение покрытия, его физико-механические и теплофизические свойства могут значительно отличаться от соответствующих свойств инструментального и обрабатываемого материалов, поэтому покрытия следует рассматривать как своеобразную "третью среду", которая, с одной стороны, может заметно изменять поверхностные свойства инструментального материала, а с другой - влиять на контактные процессы, деформации, силы и температуры резания, направленность тепловых потоков, термодинамическое напряженное состояние режущей части инструмента и т. д.

Задавая свойства покрытия путем варьирования его химического состава и строения, можно изменять основные характеристики процесса резания и, в конечном итоге, управлять важнейшими выходными параметрами процесса - износом инструмента и качеством поверхностного слоя обрабатываемых деталей. Кроме того, процесс нанесения покрытия позволяет направленно воздействовать на поверхностные дефекты инструментального материала, что в сочетании с возможностью формирования стабильных характеристик покрытия может способствовать заметному повышению надежности инструмента.

Таким образом, нанесение износостойких покрытий на инструментальные материалы, например, электроискровое легирование (ЭИЛ) позволяет приблизиться к решению задачи создания "идеального" инструментального материала, обладающего высокой износостойкостью в сочетании с достаточной прочностью и вязкостью.

ЭИЛ металлических поверхностей основано на явлении электрической эрозии и полярного переноса материала анода (электрода) на катод (деталь) при протекании электрических разрядов в газовой среде ЭИЛ осуществляется при искровой форме электрических разрядов с длительностью $10^{-6} \div 10^{-3}$ с. В процессе полярного переноса паровой и жидкой фаз материала электродов, их взаимного перемешивания и диффузного проникновения на поверхности детали формируется слой состоящий в основном из материала анода, или являющийся результатом взаимодействия между собой материалов электродов и межэлектродной среды.

Для осуществления электроискрового упрочнения металлических поверхностей во многих случаях целесообразно применять твердые сплавы типа ТК и ВК а также графит и другие материалы. В ряде случаев хорошие результаты получаются при использовании различных сочетаний указанных материалов. Если не предъявляются большие требования к твердости поверхности и упрочнение должно быть выполнено с сохранением низкой шероховатости поверхности, то его производят графитом. В этом случае габариты детали не увеличиваются, а упрочнение происходит за счет науглераживания и одновременно своеобразной закалки поверхностных слоев материала.

Технологическая характеристика процесса зависит от : марки инструментальной стали (35Х, 30ХГС, 4ХВС, Х18МФ, Р6М5 и другие); назначения инструмента (штампы, пресс-формы, метчики, сверла, фрезы, развёртки и другие); материала электрода (ВК6М, Т15К6, ВК6, ВК20 и другие); режима ЭИЛ(ток,А); время обработки (мин/см²); характеристики покрытий (прирост размеров детали, мкм; глубина упрочнённого слоя, мкм; сплошность, %; шероховатость Ra, мкм).

Технологический процесс ЭИЛ , например, для установок (ручные – Электрон 22, УИЛВ-7 и др.; механизированные – Электрон 120, Элфа-541) состоит : выбора электродного материала согласно; выбора электрического режима согласно; выбор поверхности, подлежащей ЭИЛ.; подготовки поверхности; выбора схемы ведения процесса ЭИЛ; контроля поверхности; выбора дополнительной обработки.

Выводы: в результате аналитического обзора можно утверждать, что использование ЭИЛ при нанесении покрытий на поверхности (передняя, задняя) инструментов (фрезы, сверла, резцы, развёртки, протяжки и др.); технологической оснастки (штампы, волокна и др.); деталей машин (валы, шестерни и др.) позволяет повысить стойкость на 200-300%.

Работа выполнена под руководством доцента Осипова В. А.

**ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ
У МАШИНОБУДУВАННІ**

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Таранец А. А., магистрант; Колесник В. А., аспирант;
Евтухов А. В., ст. преподаватель*

Волокнистые полимерные композиционные материалы (ВПКМ) находят все более широкое применение во многих отраслях промышленности: самолето-, автомобилестроении, инженерных сооружениях, энергетике. Так, флагману мирового авиастроения, компании Боинг, удалось достичь значительных успехов в использовании композиционных материалов (КМ): крылья и фюзеляж новейшего Боинга 787 Dreamliner более чем на 50% выполнены из КМ.

Не смотря на достаточно широкое распространение КМ, вопросы оптимизации механической обработки таких материалов все еще носят экспериментальный характер, а поиск рациональных технологических решений по обработке КМ осложняется анизотропией механических свойств, обусловленных слоистой структурой материала и ресурсоемкостью подобных исследований.

В настоящее время на кафедре ТМСИ СумГУ проводятся комплексные исследования, направленные на повышение эффективности механической обработки изделий из ВПКМ с использованием методов конечно-элементного анализа.

Установлено: при моделировании механической обработки изделий из КМ целесообразно рассматривать три уровня детализации: макромеханический, мезомеханический и микромеханический. Так, макромеханический уровень детализации целесообразно использовать при моделировании обработки пакетов изделий из однородных и анизотропных материалов. На микромеханическом уровне компоненты КМ (волокно, матрица) рассматриваются как отдельные, связанные между собой, однородные изотропные тела.

Характерными дефектами при механической обработке изделий из ВПКМ являются расслаивание и вытягивание волокон, что в свою очередь определяет неравномерную шероховатость, низкую размерную точность и погрешности формы обрабатываемых поверхностей. Поэтому при моделировании механической обработки изделий из ВПКМ особый интерес вызывают возможности мезомеханического уровня детализации, для которого свойственно представление КМ, как анизотропной слоистой структуры. Использование такой модели позволяет установить взаимосвязь между геометрией режущего инструмента, силой резания и качеством обработанной поверхности с учетом такого характерного параметра ВПКМ, как межслоевая прочность.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВРЕЗАНИИ В УСЛОВИЯХ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Коротич Д. С., студент

Целью данного исследования является разработка рекомендаций по уменьшению амплитуды колебаний при точении на основе его моделирования в подагливой технологической системе методом конечных элементов.

При исследовании виброустойчивости процесса точения предстоит столкнуться с конкретными задачами.

Необходимо создать конечно-элементные модели основных элементов станка 16К20Т1, определяющих жесткость при резании. Их необходимо собрать в единый механизм с учетом соединений, влияющих на жесткость. На его основе необходимо разработать модель процесса резания при продольном точении в технологической системе станка в пакете LS-DYNA. Проведя предварительные расчетные исследования влияния глубины, подачи и скорости резания на амплитуду колебаний, результаты нужно проверить, проведя соответствующие экспериментальные исследования. На основе полученных результатов необходимо разработать рекомендации по предотвращению или уменьшению влияния колебаний на процесс точения.

Уровень современных технологий позволяет проведение виртуальной симуляции процесса резания на основе модели технологической системы станка со всеми ее компонентами. Для исследования виброустойчивости процесса точения, нужно создать конечно-элементные модели станины, суппорта продольной и поперечной подач, резцедержателя, шпиндельной бабки и патрона. Полученный механизм является основой динамической КЭ-модели станка для моделирования процесса точения в LS-DYNA.

Все мероприятия, направленные на борьбу с вибрациями условно можно разделить на технологические и конструктивные. Технологические мероприятия включают изменение в определенных направлениях режимов резания и геометрии инструмента, конструктивные заключаются в применении специальных приспособлений и устройств или в повышении жесткости узлов станка.

Результаты виртуальных исследований деформаций инструмента, рабочих органов токарного станка и его технологической системы при врезании в заданном диапазоне режимов резания методом многофакторного планирования эксперимента позволяют определить факторы, влияющие на его виброустойчивость, и разработать рекомендации по их устранению или уменьшению их влияния.

Работа выполнена под руководством доцента Криворучко Д. В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИКРОРЕЗАНИЯ

Здельник М. О., студентка; Голобородько Л. В., аспирантка

В настоящее время интенсивно используется лезвийное микрорезание в различных областях производства. В то же время имеется мало рекомендаций о режимах резания, поскольку обработка производится инструментом с малыми диаметрами, а соответственно для достижения рекомендуемых скоростей резания необходимо использование больших частот вращения, что зачастую невозможно. Также на процесс микрорезания оказывает влияние масштабный фактор и различие механических свойств обрабатываемого материала в его зернах и межзеренном пространстве.

Необходимость создания точных приборов, компьютерной техники, роботов и других точных устройств требует изготовления деталей с высокой точностью. В этой связи практические исследования механики микрорезания лезвийным инструментом становятся актуальными.

Образование стружки можно фиксировать с помощью разных методов: металлографическим методом, с помощью высокоскоростной камеры, с помощью растрового микроскопа, с помощью оптического микроскопа.

При высокоскоростной съемке с малыми толщинами среза получаемые данные значительно завышены. Это может быть вызвано визуальной неопределенностью при данных технических возможностях. Согласно исследований данные высокоскоростной съемки позволяют оценить лишь тенденции изменения участка контакта в цикле резания.

Для достижения поставленной цели был проведен поисковый эксперимент с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ-100У, который обеспечивает большую точность измерений на больших увеличениях, что не может обеспечить оптический микроскоп.

В ходе поискового эксперимента рассматривалось прямоугольное свободное резание алюминиевого сплава Д16 резцом из быстрорежущей стали Р6М5, передний угол составлял 20° , задний 10° . Толщина срезаемого слоя a составила 0,06 мм. Проводилось сухое резание в вакууме.

Проведенный эксперимент позволил установить возможность изучения процесса микрорезания с использованием электронного микроскопа, следовательно, возможно изучение влияния формы режущей кромки на показатели процесса микрорезания, такие как усадка стружки, величина зоны контакта, положение условной плоскости сдвига.

Работа выполнена под руководством доцента Криворучко Д. В.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Осадчий И. О., аспирант

В зависимости от технологии формования свойства полимерных композитов могут существенно отличаться. Выбор технологии зависит от конструкции изделия, условий его эксплуатации, объема изготовления и имеющихся производственных ресурсов.

Стоимость готовых волокнистых полимерных композиционных материалов достаточно высока, а их структура и свойства весьма разнообразны. Для проведения экспериментальных исследований по механической обработке этих материалов необходимо достаточно большой объем этих материалов.

Наибольшее практическое применение находят следующие способы производства изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов: контактное формование с укладкой пропитанного смолой волокнистого холста на форму; напыление волокнисто-полимерной композиции на поверхность формы; различные способы формования в закрытой форме; намотка пропитанного смолой волокна на форму.

Для сокращения затрат и обеспечения постоянства свойств материалов была освоена технология формования композиционных материалов и разработана установка для ее реализации.

Целью настоящей работы было освоение технологии и факторов, влияющих на качество изделия, также получение образцов для проведения испытаний по определению физико-механических свойств композитов.

Для достижения поставленной цели был применен первый из указанных методов. В установку по формованию образцов вошли: термопечь с контроллером температуры и программируемым временем работы, вакуумный насос для создания вакуума в зоне формования, вакуумные пакеты, две шлифованные стальные пластины, система подачи вакуума в пакет, материал наполнителя – углеволокно однонаправленное, материал матрицы – смола эпоксидная Lorit 285.

Процесс изготовления представляет собой укладку пропитанных волокон карбона между двумя стальными шлифованными пластинами. При необходимости волокна укладываются в одном направлении или в нескольких в зависимости от предъявляемых требований. После этого пластины укладываются в герметичный вакуумный пакет, подсоединяется система подачи вакуума и включается насос. Весь период воздействия вакуума пластины находятся в печи, и после окончания процесса вакуумирования термическое воздействие продолжается согласно заданной программе. После окончания процесса стальные пластины разделяются, полученный образец обрабатывается до необходимых размеров.

Испытание пробных образцов на разрыв показало высокие механические характеристики полученного композиционного материала.

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ЩОДО ІНСТРУМЕНТУ ЗАРУБІЖНИХ ФІРМ

Максименко І. О., магістрант

Призначення параметрів режиму різання у випадку використання інструменту відомих фірм-виробників здійснюють або на основі даних каталогів, або на основі розрахунку з використанням калькуляторів параметрів режиму різання. Вибір вихідних даних, щодо призначення параметрів режиму різання, визначає методика конкретного виробника інструменту. Мета такого призначення практично полягає у визначенні швидкості різання. Методика призначення параметрів режиму різання є своєрідних «чорним ящиком», оскільки достеменно невідомі принципи, згідно з якими вона розроблена. Невідома, зокрема, цільова функція такого процесу.

Мета дослідження полягає у забезпеченні призначення параметрів режиму різання фірм Sandvik Coromant і Seco Tools на основі певних принципів оптимальності.

Відомо, що кожна точка характеристичної лінії «інтенсивність різання – стійкість інструменту» визначає сукупність параметрів режиму різання, що є оптимальною за співвідношенням «інтенсивність різання – стійкість інструменту». Визначивши параметри характеристичної лінії, можна здійснити призначення параметрів режиму різання, але з огляду на технологічні задачі, що розв'язуються. Суттєвим моментом при остаточному прийнятті рішення щодо діапазону параметрів режиму різання є врахування обмежень, наприклад, динаміки процесу різання тощо.

Побудова характеристичної лінії для будь-якого сполучення оброблюваного матеріалу та конкретної різальної пластини стає можливою після моделювання сукупності параметрів режиму різання та стійкості інструменту з використання калькулятора параметрів режиму різання відповідної фірми-виробника інструменту, наприклад, згідно з методикою незалежних статистичних випробувань.

У подальшому здійснюється апроксимація масиву отриманих даних з метою визначення залежності стійкості різальної пластини. Існують різні підходи щодо отримання залежностей стійкості інструменту. Не факт, що найкращим підходом у нашому дослідженні є використання відомих залежностей стійкості. Проаналізовані різні варіанти залежностей періоду стійкості. Остаточне рішення приймається згідно з критерієм якості апроксимації.

Значення параметрів режиму різання, отриманих на основі результатів їх моделювання, згідно з підходом, що пропонується, надають можливість остаточного вибору конкретної фірми-виробника інструменту. Цей вибір здійснено шляхом кваліметричного аналізу отриманих результатів.

Робота виконана під керівництвом доцента Лагути Г. Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ANFIS-СЕТИ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Кулагин Д. Г., студент; Гонщик А. В., аспирант; Зинченко Р. Н., доцент

Обработка материалов резанием все еще охватывает значительную долю всех операций производственного процесса. Одной из наиболее важных задач в исследованиях, затрагивающих область резания, является разработка методики, которая смогла бы обеспечить: оптимальное использование ресурса станка, рост производительности, повышение точности обработки, сокращение времени на простой станка и уменьшение затрат на режущий инструмент (РИ).

В связи с этим диагностика состояния режущего инструмента (ДСРИ) становится как никогда важным требованием для осуществления автоматизированного производства. ДСРИ в режиме реального времени позволяет сократить время на обработку путем заблаговременного предотвращения катастрофического износа или поломки режущего инструмента.

В общем, типичная система ДСРИ объединяет в себе: модуль регистрации диагностического сигнала, модуль обработки диагностического сигнала и модуль распознавания образов и прогнозирования (экспертную систему) [1]. Основным назначением распознавания образов (величины износа) есть построение взаимосвязи между состоянием инструмента и характеристиками сигнала. Особый интерес в успешном решении данной проблемы представляет искусственный интеллект (ИИ), который уже доказал свою работоспособность при решении задачи поиска вышеупомянутой связи. Для моделирования нелинейных зависимостей, которые выделяются по измеряемому сигналу, режимам обработки, износу или поломке инструмента, используются нейронные сети (НС), нечеткая логика (НЛ) и гибридная нейро-нечеткая сеть (ANFIS-сеть).

ANFIS (от англ. adaptive neuro-fuzzy inference system) – адаптивная нейро-нечеткая система вывода, которая по своей сути является одним из первых вариантов гибридной нейро-нечеткой сети и объединяет в себе преимущества обоих методов: возможность использования экспертных знаний нечетких систем (нечеткие правила типа «если-то») и обучающую способность нейронных сетей. Гибридные нейро-нечеткие сети находят широкое применение в исследованиях, положенных в основу создания систем диагностики состояния режущего инструмента.

Целью нашего исследования является проверка возможности описания зависимости определенных характеристик диагностируемого сигнала от величины износа режущего инструмента с помощью адаптивных систем нейро-нечеткого вывода (ANFIS-сетей), использующих различные функции принадлежности, а также определение наиболее эффективной функции

принадлежности.

Для исследования работоспособности ANFIS-сети был проведен виртуальный эксперимент в программном продукте Matlab. Он состоял в обучении ANFIS-сети на тренировочной выборке, содержащей девять пар значений, с последующей фиксацией количества эпох обучения и расчетом средней ошибки определения износа по каждой ФП, а также проверке системы на тестовой выборке, содержащей также девять пар значений.

В результате проведения эксперимента и обработки полученных результатов были определены характеристики оптимальной ANFIS-сети для описания заданной зависимости:

- метод оптимизации сети – *hybrid*;
- функция принадлежности входной переменной – треугольная *trimf*.

Такая система имеет вторую по величине ошибку определения износа на обучающей выборке (0,03%), минимальную – на тестовой выборке (4,03%) и наиболее близко описывает заданную зависимость (рисунок).

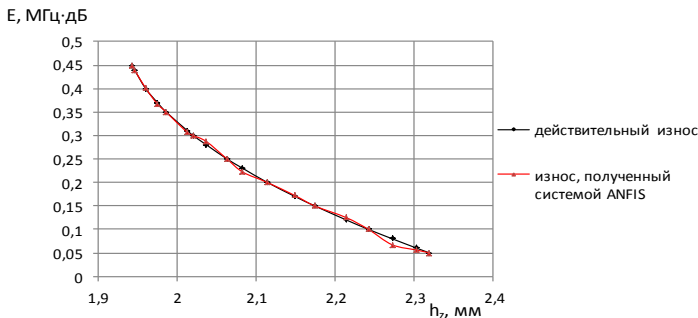


Рисунок – Экспериментальная кривая зависимости износа РИ по задней поверхности от мощности вибрационного сигнала и полученная с помощью ANFIS-редактора программного продукта Matlab

На основании проведенных исследований разработана методика построения ANFIS-сети средствами программного продукта Matlab для задачи диагностики состояния режущего инструмента.

Список литературы

1. Залого, В. А. Новая структура системы диагностирования состояния режущего инструмента, основанная на использовании правил нечеткой логики и систем искусственного интеллекта / В. А. Залого, Р. Н. Зинченко, А. В. Гонщик // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 27. Технические науки. – Симферополь : НИЦ КИПУ, 2011. – С. 46 – 52.

Работа выполнена под руководством профессора Залого В. А.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗВУКА, СОПРОВОЖДАЮЩЕГО ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ, ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Пономаренко Т. В., студентка; Нагорный В. В., аспирант

Типичными дефектами инструмента, подлежащих своевременному выявлению с целью оперативной его замены, является износ и скол лезвия инструмента. Одним из диагностических признаков этих дефектов является величина (уровень) звука, сопровождающего процесс резания. Для эффективного диагностирования, позволяющего предотвратить образование брака, необходимо знать закономерности изменения этого диагностического признака и его зависимость от технического состояния обрабатываемой системы – «инструмент - приспособление – станок». Для решения данной задачи было проведено компьютерное исследование колебаний узлов вертикально-фрезерного станка 6Р13 с помощью разработанной динамической модели. Расчёт проводился для случая обработки концевой фрезой диаметром 32 мм, изготовленной из быстрорежущей стали Р6М5 по ГОСТ 23249-78. Фрезерованию подвергалась заготовка из стали Ст45, без применения СОЖ на следующем режиме: подача на зуб $S_z=0.08\text{мм/зуб}$; глубина резания $t = 3\text{ мм}$; частота вращения фрезы $n = 800\text{ об/мин}$.

Принятая динамическая модель позволяла рассматривать колебания узлов станка по 10-ти степеням свободы: **консоль со станиной** - колебания по одной степени свободы вдоль оси **Z**; **шпиндель с фрезой** - колебания по двум степеням свободы вдоль осей **X** и **Z**; **зуб фрезы** - колебания по двум степеням свободы вдоль осей **X** и **Y**; **салазки** - колебания по двум степеням свободы вдоль осей **X** и **Z**; **стол** - колебания по двум степеням свободы вдоль осей **X** и **Z**. Модель подвергалась воздействию силами: P_{BZ} , P_{BX} и P_{BY} .

В результате проведенных исследований установлено, что в период нормальной работы инструмента происходит постепенное понижение уровня звука $E_{3\text{в}}$ вследствие демпфирующего эффекта при относительно медленном изнашивании лезвия, в то время как в период катастрофического износа – резко возрастает из-за существенной интенсификации процесса разрушения лезвия.

Проведенные компьютерные исследования позволили получить аналитическую зависимость, описывающую изменение уровня звука, генерируемого в процессе фрезерования, в зависимости от величины износа инструмента. Данная зависимость позволяет прогнозировать момент перехода с участка нормальной работы лезвия инструмента на участок его катастрофического разрушения. Это, в свою очередь, даёт возможность проводить своевременную замену инструмента и избежать, таким образом, появления брака.

Работа выполнена под руководством профессора Залого В. А.

СПОСІБ НАРІЗАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНИХ КОЛІС НА ЗУБОФРЕЗЕРНОМУ ВЕРСТАТІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ СУПОРТА

Гребченко А. О., магістрант

В сучасному машинобудуванні при виробництві циліндричних зубчастих коліс широке впровадження отримали черв'ячні зуборізні фрези. Процес характеризується складними умовами різання, що виникають при обробці черв'ячних коліс методом тангенціальної подачі. Виникає інтерес поєднання в одному процесі двох схем різання водночас: ротаційного точіння периферійної частини заготовки та у подальшому зубофрезерування із тангенціальною схемою різання.

У запропонованому нами способі нарізання черв'ячних коліс на зубофрезерному верстаті, при якому циліндричну заготовку затискають на оправці, налагоджують кінематичні ланцюги на нарізання черв'ячного колеса і фрезерують його черв'ячною фрезою установленою на оправці, із забірним конусом методом тангенціальної подачі, радіусну проточку на заготовці виконують точінням заготовки круглим фасонним різцем, який установлюють на оправці перед забірним конусом черв'ячної фрези. Установлення круглого фасонного різця перед забірним конусом фрези дає можливість виконувати радіусну проточку на периферії заготовки одним супортом, що забезпечує постійне формоутворення радіусної проточки на заготовці при обертанні різця водночас із черв'ячною фрезою. Обробку пропонується вести на зубофрезерному верстаті, оснащеного системою ЧПУ. Це пов'язане з тим, що обробка заготовки круглим фасонним різцем виконується на швидкості різання, що відповідає швидкості точіння, а зубофрезерування виконується на частоті, що зв'язує обертання фрези та заготовки у взаємному русі обкату та ділення, і тому обертання стола верстата змінюється при переході з однієї обробки до іншої. Запропонований спосіб можливий саме на верстатах, оснащених індивідуальним приводом на кожен кінематичний ланцюг і не можливий на верстатах з механічним зв'язком кінематичних ланцюгів, тобто оснащених органами налагодження у вигляді гідар змінних коліс.

Дослідженнями впливу складових сил різання на величину прогину оправки було встановлено, що прогин можна зменшити зміною напруженого стану оправки при незмінному її діаметрі. Був запропонований пристрій для супорта верстата, що дозволяє зменшити амплітуду коливань та величини прогину оправки в процесі зубофрезерування. Таким чином, запропонований спосіб нарізання черв'ячних коліс на зубофрезерному верстаті дає можливість здійснювати технологічну операцію точіння радіусної поверхні заготовок на зубофрезерному верстаті, а використання пристрою для супорта дозволяє підвищити жорсткість супорта зубофрезерного верстата.

Робота виконана під керівництвом доцента Коротуна М. М.

ЗВ'ЯЗОК МІЖ ПРОФІЛЕМ ВИХІДНОГО КОНТУРУ РЕЙКИ ТА ОТРИМАНИМ ПРОФІЛЕМ ЗУБА КОЛЕСА ПРИ ЗУБОШЛІФУВАННІ

Вязовий Р. Ю., студент

Зубошліфування є складним та точним процесом механічної обробки. Математично процеси формоутворення описано у монографії [1]. У даній дослідницькій роботі було встановлено вплив радіального врізання, кута тиску та величини зміщення вихідного контуру рейки вздовж її центрної на утворюваний профіль зуба. Отримані наступні залежності:

$$\delta_1 = (S_{\text{рад}} + x) \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

$$\delta_2 = l_{\text{зм}} \cdot \sin(90 - \alpha), \quad (2)$$

$$\delta_3 = \delta_1 + \delta_2 = (S_{\text{рад}} + x) \cdot \sin \alpha + l_{\text{зм}} \cdot \sin(90 - \alpha), \quad (3)$$

$$\delta_4 = \delta_1 - \delta_2 = (S_{\text{рад}} + x) \cdot \sin \alpha - l_{\text{зм}} \cdot \sin(90 - \alpha), \quad (4)$$

де δ_1 – величина, на яку зміститься евольвента зуба після зміщення контуру рейки до осі деталі на величину $S_{\text{рад}}$; δ_2 – величина, на яку зміститься евольвента зуба після зміщення контуру рейки в напрямку її центрної (в напрямку осі шліфувального круга) на величину $l_{\text{зм}}$; δ_3 – сума $\delta_1 + \delta_2$; δ_4 – різниця $\delta_1 - \delta_2$; x – коефіцієнт зміщення; $S_{\text{рад}}$ – величина радіального врізання; α – кут профілю рейки; $l_{\text{зм}}$ – зміщення вихідного профілю рейки.

Було створено імітаційну модель центрної огинання у програмі Unigraphics NX 8, на якій було перевірено отримані залежності. Створена імітаційна модель також дозволяє довільно змінювати профіль формоутворюючої рейки (наприклад абразивного черв'яка) та бачити зубчасте колесо, яке утвориться після обробки. Утворений профіль можна міряти безпосередньо у Unigraphics NX 8.

Отримано наступні результати:

1 Встановлено, що зміщення евольвенти відносно вихідного положення залежить від величини радіального врізання та відповідно від похибки радіального врізання, а також від величини зміщення вихідного контуру рейки вздовж її центрної.

2 Точність відтворення евольвенти залежить що від похибки радіального врізання значно менше, ніж від величини зміщення інструментальної рейки вздовж її центрної.

3 Визначено, що чим більший кут α оброблюваного колеса (відповідно і профілю рейки), тим більша похибка, пов'язана із радіальною подачею і тим менша похибка, пов'язана із зміщенням інструментальної рейки вздовж її центрної.

Список літератури

1. Шевелева Г.И. Теория формообразования и контакта движущихся тел: Монография. / Шевелева Г.И. - М.: Издательство «Станкин», 1999. 494 с.

Робота виконана під керівництвом доцента Коротуна М. М.

ЗУБООБРОБНИЙ ВЕРСТАТ

Кириченко Р. О., студент

Зубонарізання є складним та точним процесом механічної обробки. Конструкцію верстата та принцип дії наведено в [1].

Зубообробний верстат містить стаяк, на якому розміщений зубофрезерний супорт, столи та механізм подачі з вихідним валом. Він оснащений другим додатковим стояком із механізмом подачі з вихідним валом, на якому розміщений зубодовбальний супорт, крім того стояки виконані рухомими та розміщені під кутом 120° , а столи установлені на планшайбі, яка має привід та стаяк із напрямними, розміщеними під кутом 120° і кронштейнами з індивідуальним приводом на кожен кронштейн, причому столи оснащені консольними вертикальними шліцьовими валами, що розміщені донизу, а вихідні вали механізмів подач мають аналогічні консольні вертикальні шліцьові вали, які розміщені догори, крім того муфти з'єднання консолей валів виконані зі шліцьовими отворами та кільцевими проточками, що контактують із вилками, які мають приводи, що контактують із супортами на стояках.

Виконання зубообробного верстата дозволяє завдяки використанню додаткового рухомого стояка на якому розміщений зубодовбальний супорт здійснювати зубодовбання, а його рухомість забезпечує врізання зуборізного інструмента на глибину різання, а також дає можливість підводити та відводити інструмент від заготовки при налагодженні верстата. Розміщення стояків під кутом 120° дає можливість використовувати колову схему компонування верстатом, тобто забезпечує можливість використання планшайби, що несе столи верстата. Оснащення планшайби індивідуальним приводом дозволяє здійснювати обертання планшайби тільки після завершення виконання лімітуючої технологічної операції, а крім того дає можливість налагоджувати рух планшайби у автономному режимі, тобто без вмикання приводів головного руху.

Отримано наступні результати:

1 Удосконалення конструкції зубообробного верстата шляхом зміни конструкції стояків та столів верстата, супортів та їх приводів, що підвищує жорсткість конструкції, точність переміщення вузлів, а крім того підвищує технологічну гнучкість та продуктивність.

2 Можливість автоматизації процесу виготовлення зубчастих блоків.

3 Розширення технологічних можливостей та технологічної гнучкості.

Список літератури

1. Деклараційний патент на корисну модель № 77201

Робота виконана під керівництвом доцента Коротуна М. М.

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНІХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Мужецький Б. С., студент; Пирог Ю. І., студент; Пушкарь Н. О., студент

У сучасних умовах, коли спостерігається значне скорочення обсягу аудиторних занять і перерозподіл навчального часу у бік більш активного використання самостійної роботи студентів, одним з найважливіших конкурентних переваг застосування в навчальному процесі інформаційних і телекомунікаційних технологій є можливість індивідуалізації навчання.

Відносно порядку проведення занять у навчальній аудиторії слід зазначити, що хоча студенти займаються в складі групи, однак значну частину часу, особливо на практичних заняттях і при виконанні лабораторних робіт, діють самостійно. Одержавши завдання, кожний зі студентів прагне його виконати самостійно й досягатися значимих результатів відповідно до власної внутрішньої мотивації й індивідуальними здібностями. Тому для організації роботи студента під час заняття також слід використовувати можливості інформаційних і телекомунікаційних технологій у частині індивідуалізації навчання. Значною мірою це можливо зробити при наявності якісних електронних освітніх ресурсів, що містять у необхідному обсязі матеріали для навчально-методичного й організаційного забезпечення самостійної роботи студентів.

Щоб організувати проведення лабораторно-практичних занять з використанням електронних освітніх ресурсів в першу чергу необхідно забезпечити студентів достатньою кількістю комп'ютеризованих робочих місць, через які можливий доступ до локальних і мережевих ресурсів, і які мають необхідні апаратно-програмні засоби для інтерактивної роботи з освітніми ресурсами. Якщо заняття побудовані на основі бригадної технології формування професійних компетентностей, то кількість робочих місць може бути обмежене, а якщо ні, то їх повинне бути досить, щоб надати можливість індивідуальної роботи з електронними ресурсами кожному студентові. Тому практичні заняття, де не потрібні спеціальні стенди, доцільно проводити в комп'ютерних класах з необхідною кількістю робочих місць. Оскільки лабораторні роботи, як правило, виконуються в спеціалізованих навчальних лабораторіях, не оснащених засобами комп'ютерної техніки загального призначення, дотримання останньої вимоги при їхнім проведенні не завжди досяжне.

Можливим розв'язком може бути роздільне проведення окремих етапів лабораторних занять: підготовчого і заключного етапів - у комп'ютерному класі, основного етапу - у спеціалізованій навчальній лабораторії. Поділ заняття може бути просторовим, коли студенти, завершуючи черговий етап, переходять між аудиторіями й просторово-тимчасовим - коли окремі етапи проводяться не тільки в різних аудиторіях, але й у різний час. Просторово-тимчасовий поділ робіт рекомендовано для більшості дисциплін, що читаються студентам інженерних спеціальностей в умовах сучасного стану інформаційно-освітнього середовища технічних університетів.

Робота виконана під керівництвом доцента Алексєєва О. М.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНІХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН ІНЖЕНЕРНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ

Тараната А. М., студент; Шило В. В., студент

Відмітною особливістю інженерної освіти є те, що студенти протягом усього процесу навчання працюють із графічними матеріалами. У багатьох випадках такі матеріали є вихідними для прийняття проектних рішень й одночасно результатом їх прийняття. Тому електронні освітні ресурси для вивчення дисциплін інженерної спрямованості, як правило, містять велику кількість ілюстрацій у вигляді різного роду малюнків, схем, креслень, моделей, об'єктів віртуальної реальності й т. д.

Робота з електронними навчально-методичними матеріалами, що містять у великих обсягах графічні дані, накладає ще одну характерну особливість, пов'язану з вибором методів і засобів доставки видань на електронних носіях. Це зумовлено тим, що файли з графічними матеріалами за розміром значно більші за текстові файли, які передаються через локальні й глобальні комп'ютерні мережі. І якщо в локальних мережах така різниця не є визначальною, то для глобальних мереж, з їх відносно невисокими швидкостями передачі даних, доставка навчального матеріалу може бути проблематичною.

Ще одна істотна відмінність полягає в тому, що, крім загальної для всіх спеціальностей вимоги успішно оволодіти теоретичними знаннями, для майбутніх інженерів особливо важливо навчити умінь і навичок професійної роботи. У традиційній освіті накопичений великий досвід підготовки студентів до майбутньої професійної діяльності, пов'язаної з проектуванням, виготовленням та експлуатацією виробів машинобудування, проте цей досвід не завжди можна застосувати в умовах комп'ютеризованого навчання, специфіка якого у тому, що тут можливо застосування мережевих технологій.

Найбільш характерною особливістю використання електронних навчальних видань під час вивчення технічних дисциплін є те, що все більшою мірою і все частіше для засвоєння знань, набуття умінь і навичок, заняття в аудиторіях під керівництвом викладача доповнюються самостійною роботою студентів. Уже зараз позааудиторна робота становить не менше половини навчального часу студента і може повністю виконуватися самостійно або за консультативної допомоги викладача.

Органічно поєднуючи колективну роботу в аудиторії з індивідуальними зусиллями із вивчення теоретичного матеріалу й особистою участю у виконанні практичних завдань, самостійна робота дозволяє студентам усунути прогалини у власних знаннях, творчо застосовувати знання для вирішення навчальних і професійних завдань, розширювати діапазон відомого і засвоєного. Крім того, використання електронних освітніх ресурсів дозволяє перерозподілити витрати часу, що відводиться на аудиторні заняття, таким чином, що їх значна частина також реалізується як самостійна робота.

Робота виконана під керівництвом доцента Алексєєва О. М.

ПОЗНАЧЕННЯ РІЗЦІВ ІЗ МЕХАНІЧНИМ КРІПЛЕННЯМ БАГАТОГРАННИХ НЕПЕРЕТОЧУВАНИХ ПЛАСТИН

Зубко В. М., магістрант

Позначення відбувається згідно ГОСТ 26476-85, який відповідає стандарту ISO 5608-80. Але ці стандарти мають певні неточності та неузгодженості.

1-й символ позначає спосіб кріплення. Але це або схема силового замикання, або механізм кріплення.

3-й символ позначає тип різця. Але це протирічить теорії. Види інструментів підрозділяються на типів. Типи різців: прохідний, підрізний, відрізний і так далі. Інструмент складається з робочої і приєднувальної частин. Голівка різця це і є робоча частина. Пряма або відігнута голівка разом з кутом ϕ може позначатися відповідним символом, тобто це позначення форми робочої частини, а не типа різця.

4-й символ, насправді, позначає задній кут пластинки в інструментальній системі координат.

9-й символ позначає розмір пластинки. Який саме?

Не краще з позначенням і у проспектах відомих фірм. Наприклад Sumitomo Electric Corp: P – система кріплення; G – тип державки (це для зовнішнього точення, для розточування або для чого?); N – задній кут пластини (але це не просто задній кут, а задній кут в інструментальній системі координат; P – довжина хвостовика (це не довжина хвостовика, а найбільший габаритний розмір різця); 9-та позиція – розмір пластини (знову ж таки, це не розмір пластини, а довжина ріжучої кромки або діаметр, якщо пластинка кругла).

Проспект фірми Korloy, на відміну від попереднього, чітко показує, що система кріплення це схема силового замикання. Тоді кожна з них можна реалізувати різними механізмами. Це правильніше теоретично. Але незрозуміло, який буде різець, якщо записати P, M або S. Механізм тут не відображається!

Вираз «система кріплення» у різних проспектах також відображає різні поняття.

Тому, з метою покращення позначення різців з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин можна рекомендувати наступні зміни до відповідного стандарту: позиція 1 – символ, що позначає механізм кріплення пластинки; позиція 2 – символ, що позначає форму пластинки; позиція 3 – символ, що позначає форму робочої частини різця; позиція 4 – символ, що позначає задній кут пластини в інструментальній системі координат; позиція 5 – символ, що позначає напрям різання; позиція 6 – число, що позначає висоту державки; позиція 7 – число, що позначає ширину державки; позиція 8 – символ, що позначає довжину різця; позиція 9 – число, що позначає довжину ріжучої кромки (діаметр) пластинки; позиція 10 – символ, що позначає особливі позначки виробника.

Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.

ТЕРМОМЕХАНІКА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

Цикал О. С., магістрант

З аналізу функцій, що описують стан процесу різання, виражених через зміни критерію Пекле і потужності стружкоутворення, витікають якісно однакові закономірності зміни усадки стружки залежно від умов різання. Зменшення доли потужності тертя на передній поверхні у загальній потужності стружкоутворення призводить до зменшення усадки стружки.

Із збільшенням критерію Пекле збільшується приріст температури в контактній області. Внаслідок цього зменшуються частка потужності тертя в загальній потужності стружкоутворення, що спричиняє зменшення усадки стружки.

Приріст потужності стружкообразовання при зміні переднього кута інструмента практично не залежить від усадки стружки.

При різанні конкретного матеріалу в умовах відсутності наросту усадка стружки залежить лише від добутку швидкості різання на товщину шару, що зрізується, і може бути апроксимована емпіричними залежностями.

Використання емпіричних залежностей усадки стружки і критерію Пекле дозволяє визначити проєкції сили різання без додаткових допущень або гіпотез. Дозволяє врахувати вплив температурно-швидкісного чинника на сили різання.

Практичні застосування можуть бути широкими і різнобічними, оскільки краще розуміння фізичної суті процесів, що відбуваються, має важливе значення для ефективного вирішення багатьох практичних завдань.

Розроблені формули для розрахунку температур у зоні стружкоутворення і на передній поверхні інструмента з урахуванням впливу температури на межу текучості. Запропоновані спрощені формули з емпіричними коефіцієнтами, що дозволяють визначати температури у зоні стружкоутворення, на підставі дослідів з вимірювання температури різання.

Показано, що передній кут інструмента за відсутності наросту практично не впливає на усадку стружки, а критерій Пекле і відношення дійсної межі міцності при розтягуванні до об'ємної теплоємності впливають на них у тій мірі, в якій вони змінюють температуру тертя на передній поверхні (без врахування температури зони стружкоутворення).

При обробці конкретного матеріалу інструментом з повною передньою поверхнею без наросту усадка стружки і відносна довжина контакту однозначно пов'язані з добутком швидкості різання на середню товщину шару, що зрізується.

Отримані на основі термомеханічних досліджень процесу безперервного різання висновки можуть бути використані для вдосконалення методики розрахунку сил різання. Можуть використовуватися як практичні рекомендації при визначенні оброблюваності матеріалів, вдосконалення форми різальних інструментів та їх раціонального використання.

Робота виконана під керівництвом доцента Швеця С. В.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУ

Довгополов А. Ю., магістрант; Некрасов С. С. ст. викладач

В сучасному машинобудуванні використовується велика кількість деталей які отримуються холодною штамповкою. В той же час, підвищуються вимоги точності до деталей, в зв'язку з новими потребами машинобудівної галузі в точних, але не дорогих деталях. Проектування штампу є дуже складною та довготривалою задачею. Тому пошук шляхів та методів підвищення продуктивності проектування штамків – задача актуальна та має велике народногосподарське значення.

Основною проблемою в данній галузі є те, що не зважаючи на широку номенклатуру систем 3D-проектування (Die Engineering (Unigraphics Solutions), Pro/SHEETMETAL (PTC), SHEET METAL DESIGN (MATRA Datavision), SolidWorks, Delcam pic., AMADA (SHEETWORKS FOR UNFOLD)), які мають спеціалізовані модулі для проектування штамків, що дозволяють максимально автоматизувати цей процес. В зв'язку із невисокими темпами автоматизації виробництва, незважаючи на застосування систем 3D-проектування, на вітчизняних підприємствах, як правило, проектування штамків як і раніше виконується в 2D.

Такий стан справ у багатьох випадках є неприпустимим у зв'язку з тим, що час виготовлення оснастки вимірюється днями, через застосування застарілих методів розрахунку, а на проектування взагалі не відводиться часу, тобто ці процеси повинні протікати паралельно.

Найбільш вагомим фактором, що впливає на точність деталей, що штамкуються, є пружне відновлення, яке, частіше за все, враховують при виконанні пробного штампування і потім корегують геометрію матриці та пуансону. Такий підхід досить трудомісткий і вимагає значних витрат часу та коштів. В той же час не існує методів урахування пружного відновлення аналітичним шляхом, але сучасні методи моделювання процесів пластичного деформування дозволяють визначити величину пружного відновлення деформованого матеріалу. Саме тому, авторами було запропоновано коректувати геометрію матриці і пуансона з урахуванням пружного відновлення виробу, що штампується, після його пластичної деформації, за допомогою імітаційного моделювання процесу штампування. Такий підхід дозволить скоротити час на проектування штампу та зменшити собівартість виготовлення деталей методом холодного листового штампування.

Реалізація цієї ідеї виконуються наступним чином: виконується проектування штампу в одній з можливих CAD системі, виконується моделювання методом скінчених елементів процесу штампування, визначаються величини пружного відновлення та по отриманим значенням корегуються відповідна геометрія матриці та пуансону штампу. Такий підхід дозволяє уникнути пробного штампування для визначення пружного відновлення деталі.

ФОРМУВАННЯ ОБРОБЛЮВАНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗАГОТОВКИ ПРИ ТАНГЕНЦІАЛЬНОМУ ТОЧІННІ НА ОСНОВІ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

Рибалка П. В., студент; Прокопенко О. В., аспірант

Тангенціальне точіння є одним із перспективних процесів механічної обробки різанням для створення високопродуктивних металорізальних верстатів. Даний процес може бути використаний для оброблення практично будь-яких поверхонь. У порівнянні з іншими видами механічної обробки його відрізняє нестационарність, що припускає не тільки безперервну зміну параметрів режиму різання таких як швидкості і величина знімаемого припуску, але і експлуатацію різального інструменту на різних режимах.

У даний час дослідження тангенціального процесу різання відбувається за двома основними напрямками роботи: роботи з дослідження поведінки різального інструменту (зношування, міцність, методи підвищення його працездатності та ін.) і роботи з дослідження поведінки оброблюваного матеріалу в умовах різання (механізм стружкоутворення, формування властивостей поверхневого шару деталі та ін.). Завданням даної роботи є об'єднання цих напрямів в єдиний комплексний розгляд взаємодії інструменту і матеріалу оброблюваної деталі. Результати досліджень повинні формалізувати всі взаємозв'язки процесу різання, що визначають його продуктивність, точність, якість і, що найбільш актуально, його надійність.

Аналіз процесу різання різних оброблюваних матеріалів показує, що його параметри неоднаковим чином впливають на фізико-хімічні явища, які супроводжують обробку, та їх інтенсивність. У зв'язку з цим розрахунок необхідного числа інструментів для обробки за тангенціальною схемою різання є актуальним питанням.

Групування (кластерізація) конструктивно-геометричних параметрів інструменту і параметрів режиму різання за певними фізичними і техніко-економічними умовами протікання процесу механічної обробки дозволяє приймати необхідні оптимальні рішення. У роботі проведені дослідження з формування груп (таксонів) інструментів, що відповідають певним умовам ефективності процесу різання, тобто підвищення продуктивності і якості обробки. Виходячи з умов процесу різання при тангенціальному точінні у роботі наведено опис типового представника кожного таксонів (прецедента), зазначено максимальне відхилення його властивостей від його середнього значення. Ієрархічна структура інструментального забезпечення металорізальних верстатів з тангенціальною схемою різання була отримана методом скочування дрібних таксонів у більш великі. Таке "генеалогічне" дерево дозволяє бачити зв'язок різних інструментальних наладок та типу оброблюваних поверхонь один з одним. Проведені дослідження показали, що цієї інформації достатньо для подальшого аналізу оптимальних умов механічної обробки різанням і призначення необхідного числа інструментів.

Робота виконана під керівництвом доцента Дядюри К. О.

СИСТЕМА КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ ПРИ ЇЇ ПРОЕКТУВАННІ І ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ

Скрипченко Г. О., студентка; Юнак А. С., аспірантка

На даному етапі розвитку промисловості, енергетичне машинобудування займає одну з провідних позицій. Довговічність деталей такого обладнання лімітує термін його служби, а їх безвідмовність визначає техніко-економічну ефективність, а іноді і безпеку експлуатації. Тому методам оцінки фактичного стану деталей з'єднань і прогнозування їх ресурсних характеристик з метою запобігання аварійних відмов відповідальних вузлів і механізмів традиційно приділяють підвищену увагу. Пошук ефективних науково-технічних рішень щодо збільшення терміну служби деталей і складальних одиниць, що перебувають в умовах складного спектру руйнівних впливів, залишається найбільш актуальним питанням при задоволенні вимог замовника щодо експлуатації енергетичного обладнання.

Аналіз літератури, показує що довговічність роботи обладнання у першу чергу залежить від стану поверхневого шару деталей і від того як будуть зношуватися різні поверхні тертя у вузлах з'єднання, розвиватися тріщини, особливо при циклічних навантаженнях. На прикладі робочих коліс відцентрових насосів було встановлено, що для підвищення довговічності деталей потрібно розглянути весь комплекс взаємозв'язків між розрахунковими даними напружено-деформованого стану поверхневого шару при проектуванні і фактичними даними під час виготовлення.

Для вирішення даної задачі важливо знайти теоретичний фундамент для побудови об'єктивних критеріїв міцності поверхневих шарів деталей, за яких підставою для виводу об'єкта з експлуатації є не призначений ресурс, а фактичне досягнення ним граничного стану. У науковому плані це завдання вимагає пошуку кореляції між властивостями матеріалів, умовами виготовлення і експлуатації (ресурсом виробів).

Метою роботи є створення коректних фізичних і розрахункових моделей прогнозування фактичного ресурсу на основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень залежностей зношування і руйнування поверхневого шару деталей від технологічних режимів механічної обробки різанням.

На етапі проектування встановлюється, яким експлуатаційним характеристикам повинна відповідати майбутня деталь, які витримувати навантаження при виконанні функціонального призначення. Теоретичні дані розрахунків цього етапу становлять базу для правильного розуміння процесів пошкоджуваності поверхневого шару деталей. Другий етап – це безпосередньо процес виготовлення (отримання заготовки, та її обробка до готової деталі). На цьому етапі визначаються фактичні фізико-механічні властивості, які буде мати деталь при експлуатації, що дає змогу спрогнозувати фактичний ресурс.

Для оцінки кожного етапу необхідно визначити параметри напружено-деформованого стану (НДС), за якими можна буде порівняти та оцінити фізико-механічні властивості деталі.

На даний час чисельні методи розрахунку на основі методу скінчених елементів (МСЕ) набули найбільшого поширення, що дозволяє вирішувати поставлені задачі за рахунок повного аналізу реальних умов навантаження і фізико-механічних властивостей матеріалів. Слід зазначити, що на сьогоднішній день усі провідні розробники універсальних комерційних програм в області розрахунку тривимірних конструкцій на міцність («ANSYS», «LS-DYNA» та ін.), використовують цифрові алгоритми на основі МСЕ. Інформація, яка отримана у результаті оцінки НДС за допомогою нелінійного аналізу тривимірних моделей, дозволяє визначити межі можливого руйнування (у тому числі до появи дефектів) і вжити всі необхідні заходи для їх усунення. Але існує розбіжність між розрахунковими і фактичним даними НДС після механічної обробки різанням, що не дозволяє точно визначити фактичний стан поверхневого шару деталі і відповідно її ресурс при експлуатації.

Аналіз існуючих підходів забезпечення вимог до надійності обладнання при експлуатації показує, що розбіжності, які виникають між розрахунковими і фактичними даними НДС деталей регулюють в основному за допомогою зміни і підбору режимів навантаження. Практично завжди, режими навантаження знаходяться у певному діапазоні регулювання, за які не можна вийти. Тоді залишається можливим отримання найбільш вигідних умов роботи деталей за рахунок правильного вибору схеми закріплення, режимів обробки, оптимальної геометрії деформуючого елемента, раціональної конструкції інструмента, хімічного складу матеріалу і його фізико-механічних властивостей. При вірно заданих параметрах обробки деталь набуває високих експлуатаційних властивостей, і навпаки, невдалий вибір навіть одного з параметрів, наприклад тиску, може викликати часткове руйнування поверхні (відшарування) і знизити довговічність деталі.

Для вирішення цих задач, насамперед, необхідно встановити взаємозв'язок експлуатаційних властивостей (таких як зносостійкість, втомна міцність) з параметрами стану поверхневого шару, створити засоби для визначення параметрів для забезпечення експлуатаційних властивостей. Однак при великому різноманітті прогресивних технологій потрібно точне обґрунтування застосування того чи іншого методу обробки, що забезпечує необхідні експлуатаційні показники деталей машин у різних конкретних умовах. Даний підхід мало використовуються через велику кількість не вирішених питань. До яких можна віднести: відсутність розроблених моделей регулювання залежностей впливу численних методів розрахунку на процес обробки, не визначені основні параметри, відсутність точної моделі зміни поверхневого шару, не до кінця встановлені основні взаємозв'язки параметрів стану поверхневого шару з параметрами обробки.

Робота виконана під керівництвом доцента Дядюри К. О.

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАХОДИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ АУДИТІВ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ISO 19011:2011

Неровня В. А., магістрант; Суценко Н. В., аспірантка

Впровадивши систему управління, керівництво організації повинне цікавитися, як вона функціонує, де відбуваються збої в системі та оцінювати її результативність. Результати внутрішніх аудитів надають такого роду інформацію для аналізу з боку керівництва організації, що дозволяє розробити дії, щодо коригування діяльності та виявити можливості поліпшення, як окремих процесів, так і системи в цілому.

Для реалізації цих вимог міжнародна організація зі стандартизації ISO в 2002 році прийняла стандарт ISO 19011, що регламентував вимоги до проведення аудитів системи управління якості та/ або системи екологічного управління. Після публікації цього стандарту в 2002 році, були опубліковані ряд нових стандартів на системи управління. Тому сьогодні є необхідність в розгляді широкої сфери застосування аудитів систем управління, а також необхідність представити більше узагальнені настанови. В 2011 році міжнародна організація зі стандартизації ISO прийняла нову версію стандарту ISO 19011:2011 «Керівні вказівки до аудиту систем менеджменту».

Таким чином, сьогодні постала нагальна науково-технічна проблема з дослідження відмінностей у вимогах стандарту ISO 19011 старої (2002 рік) та нової версії (2011 рік) та розробка на основі цього дослідження рекомендацій стосовно удосконалення нормативного забезпечення проведення внутрішніх аудитів систем управління.

Тому метою роботи є розробка, на основі проведення досліджень ступеню відповідності вимог стандарту ISO 19011 старої (2002 рік) та нової (2011 рік) версії, рекомендацій стосовно удосконалення нормативного забезпечення проведення внутрішніх аудитів систем управління.

За результатами проведених досліджень щодо питання визначення сумісності вимог стандарту ISO 19011 нової та старої версії, встановлено, що доцільно використовувати оцінювання ступеню сумісності за допомогою експертного методу. В якості експертного методу було запропоновано використання методу «Ранжування показників» та методу «Визначення вагових коефіцієнтів». В роботі запропоновано методику розрахунку експертних оцінювань.

При проведенні аналізу розрахунку експертних даних стосовно визначення ступеню сумісності вимог нової та старої версії стандарту ISO 19011 встановлено що загальна ступень сумісності версій цього стандарту становить 75%, в той же час встановлено що основні вимоги стандарту викладені у 4-7 розділі. Ступень сумісності яких становить 67,22%. Також встановлено, що розділ 5 нової версії стандарту «Управление программой аудита» має найменшу ступінь сумісності – 51%.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НЕФТИ

Реджепов Д. О., магистрант

Бурный научно-технический прогресс и высокие темпы развития различных отраслей науки и мирового хозяйства в XIX – XX вв. привели к резкому увеличению потребления различных полезных ископаемых, особое место среди которых занимает нефть.

До сих пор энергетическое направление в использовании нефти остается главным во всем мире. Доля нефти в мировом энергобалансе составляет более 46 %. Однако в последние годы продукты переработки нефти все шире используются как сырье для химической промышленности. Около 8 % добываемой нефти потребляются в качестве сырья для современной химии. Например, этиловый спирт применяется примерно в 150 отраслях производства. В химической промышленности применяются формальдегид, пластмассы, синтетические волокна, синтетический каучук, аммиак, этиловый спирт и т.д.

Стоимость товарной нефти существенно зависит от ее качества, что непосредственно влияет на учетно-расчетные операции между поставщиком и покупателем, поэтому наряду с определением массы продукта обязательно производится контроль качественных параметров нефти.

Анализ и учет показателей качества нефти, с нашей точки зрения, необходимо рассматривать, учитывая следующие аспекты:

- для предприятий - это планирование технологических схем таких как: добыча, транспорт, переработка, сбыт нефти с наибольшим экономическим эффектом.

- для государства - это регулирование ставок налогов и платежей, уплачиваемых недропользователем в бюджеты различных уровней, наполнение бюджетов вследствие дополнительного налогообложения сверхдоходов высокорентабельных нефтяных компаний, возникающих при освоении запасов нефти лучшего качества. Стимулирование деятельности менее успешных компаний, осваивающих нефть более низкого качества, и, как следствие, получающих меньшую прибыль. Поддержка подобных компаний будет способствовать поддержке регионов, на территории которых работают эти компании. Регулирование деятельности добывающих предприятий возможно через систему налогообложения, учитывающую именно факторы качества нефти.

Анализ качества нефти позволяет оказать существенную помощь в решении довольно широкого круга вопросов, связанных с повышением эффективности деятельности нефтедобывающих предприятий.

Поэтому решение проблемы комплексной оценки качества сырой нефти является актуальной задачей, решение которой приобретает практическую ценность в связи с вводом в Туркменистане банка качества

нефти, который предусматривает введение компенсационных платежей за качество нефти, сдаваемой в систему магистральных нефтепроводов. Кроме этого решение данной проблемы позволит сбалансировать деятельность нефтедобывающих и нефтетранспортных организаций при использовании механизма корректировки цены реализуемой нефти при продаже от ее качества в сравнении с выбранным базисным сортом.

Создание подобной методики станет шагом на пути разработки отечественных стандартов по определению комплексного показателя качества нефти и его влияние на цену продукта.

Поэтому целью данной работы является повышение конкурентоспособности нефтедобывающих и нефтетранспортных предприятий путем разработки нормативного обеспечения инструментария комплексной оценки качества нефти.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1 В ходе проведенного анализа отечественного и зарубежного опыта в области определения качества сырой нефти было установлено, что в настоящее время в отечественной и зарубежной практике отсутствует метод комплексной оценки качества нефти на основе единичных показателей качества.

2 На основании проведенного анализа общей номенклатуры показателей качества нефти был сделан выбор номенклатуры показателей качества нефти, который позволяет учесть основные характеристики данного сырья.

3 Разработана методика комплексной оценки качества нефти, в основе которой лежат числовые значения единичных показателей качества нефти, определение и расчет которых производится согласно нормативной документации на нефть.

4 Предложен метод расчета параметров весомости, основу которого составляет метод предельных и номинальных значений.

5 Предложенный комплексный показатель качества нефти может быть использован как при оперативном контроле качества, так и при сдаче нефти потребителю, а также с помощью комплексного показателя можно определять конкурентоспособность нефти и ее стоимость в сравнении с мировыми эталонными марками

6 Проведенные исследования оценки качеств нефти еще раз подтвердило необходимость введения Банка качества нефти для нефтедобывающих предприятий, отправляющих свою нефть по единой транспортной магистрали, в которой происходит смешение нефти разные месторождений, что соответственно снижает качество нефти идущей на экспорт и соответственно ее стоимость.

Работа выполнена под руководством доцента Ивченка А. В.

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВИРОБНИЦТВА МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Кібукевич І. В., студент; Погоржельська Ю. О., асистент

Ефективність машинобудівного виробництва в значній мірі залежить від інструментальної підготовки виробництва (ІПВ). Тільки в тому випадку, коли основне виробництво своєчасно одержує необхідний якісний інструмент, воно може функціонувати чітко, без перебоїв. Одним із шляхів в підвищенні ефективності діяльності вітчизняних багатономенклатурних підприємств є досягнення оптимальної організації й управління процесом інструментальної підготовки виробництва на основі впровадження сучасних інформаційних технологій. Інакше кажучи, вітчизняні машинобудівні підприємства повинні побудувати й впровадити інформаційні системи управління якістю, відповідні до принципів і вимог міжнародних стандартів серії ДСТУ ISO 9000 версії 2009 року.

Для проведення робіт з оптимізації ІПВ був проведений аналіз нормативних документів з ІПВ, стандартів CALS-технологій та ДСТУ ISO 9001:2009, який показав, що принципи управління CALS-технологій відповідають принципам TQM, що викладені в вищезазначеному стандарті. Однак при впровадженні CALS-систем на підприємствах, управління процесом інструментозабезпечення розглядається в ракурсі управління матеріальних ресурсів. Тому при створенні системи управління якістю ІПВ необхідно враховувати принципи управління підприємством в цілому. В такому випадку можуть бути застосовані принципи управління та модулі CALS-технологій, що стосуються кожного етапу ЖЦ продукції й забезпечення її якості.

Для проведення робіт з оптимізації системи ІПВ були розроблені: інформаційна процесно-орієнтована модель та концептуальна модель системи управління ІПВ в умовах інформаційних технологій, яка взаємопов'язує три процесні моделі: власне ІПВ (об'єкт управління); інформаційну систему управління ІПВ та систему якості ІПВ. Також запропонована методика впровадження інформаційної системи управління якістю ІПВ та карта процесів ІПВ.

Отже, впровадження запропонованої інформаційної системи управління якістю ІПВ дозволить промисловим підприємствам скоротити час на технологічну підготовку випуску нового виробу та створити раціональну систему експлуатації техоснащення, що дозволить знизити витрати на невідповідності від експлуатації неякісного інструменту, скоротити витрати інструменту й інструментального матеріалу, що в підсумку приведе до зниження собівартості продукції вітчизняного машинобудування.

Робота виконана під керівництвом професора Залози В. О.

РИНОК ПРАЦІ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ОСВІТИ

Пекний М. Ю., студент; Бятова Н. О., аспірантка

Для забезпечення якісної підготовки спеціалістів (інженерів) у вищих навчальних закладах (ВНЗ) є доцільним розглянути фактори, які суттєво впливають на якість освіти, що дозволить підвищити продуктивність цілеспрямованої освітньої діяльності. Відомо, що на якість підготовки висококваліфікованих фахівців впливає багато факторів як зовнішнього середовища, так і внутрішнього. Метою даної роботи є дослідження одного із впливових факторів, що відноситься до зовнішнього середовища, - ринку праці, основними суб'єктами якого є наймачі (роботодавці) і найманці (працівники). У даному випадку під ринком праці будемо розуміти соціально-економічні відносини між випускниками відповідних інженерних спеціальностей ВНЗ і промисловими підприємствами

Він охоплює всіх працівників, які претендують на робочі місця в рамках певної території, галузі або групи професій. Проблема вивчення ринку праці і професій в сучасному суспільстві представляється актуальною, оскільки професійна приналежність має важливе значення у визначенні досягнутого статусу індивіду та його місця в соціумі. Факт впливу ринку праці на якість освіти є доведеним. Останнім часом в Україні дедалі більше відчувається розбалансування ринку освітніх послуг і ринку праці. Основними причинами недостатнього рівня зв'язку між ВНЗ та ринком праці являються:

- різниця між вимогами, з якими вищий навчальний заклад випускає спеціаліста та тими вимогами, що висуває саме підприємство (виробництво);
- людський капітал, що сформований системою освіти, але залишився недовикористаним або взагалі незатребуваним на ринку праці;
- «надлишкова освіта», коли висококваліфіковані працівники з відносно гарною підготовкою займаються малокваліфікованими видами праці;
- переорієнтація життєвих цінностей у молоді, що призводить до появи так званих «престижних» та «непрестижних» напрямів підготовки, наслідком чого являється надлишок випускників-фахівців певних напрямів, у т.ч. й з інженерної підготовки, що в свою чергу спричиняє молодіжне безробіття, оскільки ринок праці не завжди потребує такої кількості спеціалістів з «престижних» напрямів підготовки;
- недостатня інформованість абітурієнтів та їх батьків про потреби ринку праці як взагалі, так і в даному регіоні;
- велика вірогідність нездатності роботодавців забезпечити належне працевлаштування випускника з достатньою заробітною платою та подальшим просуванням по службі, тобто кар'єрного росту, і т.і.

Усунення вказаних причин дозволить розробити рекомендації по збалансуванню освітніх послуг і ринку праці на користь забезпечення якісної підготовки висококваліфікованих інженерних кадрів для народного господарства.

Робота виконана під керівництвом професора Залози В. О.

САМООЦЕНКА ПО КРИТЕРИЯМ МОДЕЛИ EFQM

Ворожко А. С., магистрант; Иванов Б. К., ст. преподаватель

На сегодняшний день существует множество организаций, цель, которых – успешное процветание в своей сфере деятельности. Поэтому каждая компания стремится к совершенству, одним из способов приближения к этому – самооценка.

Модель совершенствования, разработана Европейским фондом управления качеством – EFQM, существует с 1990-х гг., представляет собой обобщенную модель идеальной системы управления для организаций, ориентированных на устойчивое развитие.

Самооценка – всесторонний, систематический и регулярный анализ деятельности и результатов организации в соответствии с моделью совершенствования EFQM. Процесс самооценки позволяет ясно увидеть свои сильные стороны, и те области, где можно проводить улучшения.

Самооценка по критериям модели совершенствования является диагностической – критический самоанализ. На практике в диагностической самооценке реализуется методология цикла PDCA (Планируй, Делай, Проверь, Улучшай).

Стадия «планируй» состоит из принятия решения высшим руководством о проведении самооценки и разработки плана самооценки.

Стадия «делай» включает в себя: подбор и обучение команды оценщиков и проведения самооценки. Выделяют пять основных инструментов проведения самооценки: опросный лист, матрица, рабочее совещание, метод формуляров, имитация участия в конкурсе. При выборе метода учитывают уровень зрелости организации и ресурсное обеспечение проекта самооценки.

Стадия «проверь-изучи» включает: анализ полученных результатов, бенчмаркинг и разработку плана улучшений. Анализируются основные результаты выхода процесса самооценки: балльная оценка и выявленные области для дальнейших улучшений. Основная задача – определить приоритетные направления для совершенствования.

Стадия «действуй» (улучшай) включает два заключительных этапа самооценки: развертывание плана улучшений, анализ динамики улучшений. На этой стадии видна результативность программы самооценки.

Можно сказать, что правильно примененная самооценка помогает любым организациям, как крупным, так и малым, работающим в любом секторе, работать более эффективно.

Из изложенного выше, можно сделать вывод, что процесс самооценки – это совокупность подпроцессов, и входом для последующего процесса, является выход предыдущего процесса. Поэтому все этапы необходимо выполнять четко, последовательно и правильно, что бы не получить неправдивых результатов.

ПРОЦЕСНИЙ ПІДХІД ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Коновалова Н. О., магістрант; Іванов Б. К., ст. викладач

Процесний підхід є найважливішою ознакою досконалого управління і використовується в якості базового в міжнародних стандартах ISO серії 9000.

Процес - сукупність взаємопов'язаних видів діяльності, яка перетворює входи на виходи. При процесному підході управління процесом і кожної з вхідних у нього робіт проходить із застосуванням особливих методичних прийомів, що дозволяють виключити багато помилок.

У відповідності до вимог та рекомендацій міжнародних стандартів ISO серії 9000 основними елементами процесу проектування та розроблення служать: планування, визначення вхідних і вихідних даних для проектування і розробки, верифікація і валідація проекту та розробки, управління змінами в проєкті та розробці. Дамо коротку характеристику вимог до цих елементів процесу.

Під плануванням проектування та розроблення слід розуміти: встановлення стадій проектування і розробки; визначення стадій проведення аналізу, верифікації та валідації; встановлення розподілу відповідальності і повноважень.

Вхідні дані проектування та розроблення наступні: визначення вхідних даних; підтримка записів у робочому стані; повнота, недвозначність і несуперечність вимог.

Вихідні дані проектування та розроблення: представляються у формі, що дозволяє провести верифікацію щодо вхідних даних; затверджуються до їх подальшого використання; відповідають вхідним; містять критерії приймання продукції чи посилання на них;

Аналізування проекту та розробки припускає: його систематичне проведення; включення до складу учасників такого аналізу представників підрозділів, що мають відношення до стадії проектування і розробки, що аналізується.

Верифікація проекту та розробки: здійснюється відповідно до запланованих заходів; записи результатів верифікації та всіх необхідних дій підтримуються в робочому стані.

Валідація проекту та розробки: здійснюється відповідно до запланованих заходів; записи її результатів та всіх необхідних дій підтримуються в робочому стані.

Управління змінами в проєкті та розробці включає: проведення аналізу верифікації та підтвердження відповідним чином, а також узгодження змін; підтримання в робочому стані записів, пов'язаних з змінами проектування і розробки.

Таким чином, в процесі проектування і розробки реалізуються такі функції управління якістю: прогнозування і планування робіт, організація та контроль їх виконання, облік і оцінка результатів, аналіз накопиченої інформації, прийняття рішень і надання стимулюючих впливів.

СУЧАСНИЙ СТАН МІЖНАРОДНОЇ ТА НАЦІОНАЛЬНОЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ЩОДО ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Аксьонова Д. І., магістрант; Хярм В. М., ст. викладач

На даний час в Україні здійснюється розробка відповідної законодавчо-нормативної бази, що регулює сферу виробництва, переробки, збуту та споживання органічної продукції.

Правове регулювання у сфері органічного виробництва має здійснюватись відповідно до Конституції України та Законів України “Про органічне виробництво”, “Про безпечність та якість харчових продуктів”, іншими нормативно - правовими актами, які приймаються відповідно до них.

Органічне сільськогосподарське виробництво згідно із проектом Закону України “Про органічне виробництво“, прийнятим Верховною Радою України у першому читанні – це виробництво за встановленими правилами, які дозволяють продукувати органічні продукти з оздоровчими властивостями; а також зберігати та відновлювати природні ресурси у процесі виробничої діяльності.

Виробництво органічних продуктів харчування здійснюється згідно із певними правилами, які ще називають стандартами. Основні міжнародні стандарти (правила) органічного виробництва: Стандарти Європейського Союзу (Постанова Ради (ЄС) № 2092/91 про органічне виробництво та інші рішення стосовно виробництва сільськогосподарської продукції та продуктів харчування); Базові Міжнародні Стандарти органічного виробництва та переробки продукції, ухвалені IFOAM (Міжнародною Федерацією Руху за Органічне Сільське Господарство); Стандарти Комісії з Кодекс Аліментаріус, прийняті спільно FAO (Організацією з продовольства та сільського господарства при ООН) і FAO/ВОЗ Комісії з Кодекс Аліментаріус WHO (Всесвітньою організацією з охорони здоров'я).

В Україні поки що не існує жодного вітчизняного нормативного акту, який би регулював органічне виробництво. Відповідно, вітчизняні виробники проходять процедуру органічної сертифікації свого виробництва за діючими міжнародними стандартами, частіше за все - це норми Європейського Союзу.

Варто зазначити, що Верховною Радою України 21 квітня 2011 р. був ухвалений Закон "Про органічне виробництво". Закон мав би набрати чинності з 1 січня 2012 року. Однак, 20 травня 2011 р. Президентом України В.Ф.Януковичем закон був відхилений. Тому до цього часу в Україні відсутнє законодавче регулювання діяльності виробників органічної продукції.

Тому прийняття Закону все ще є актуальним для нашої держави, адже це дасть змогу започаткувати розробку повного пакету нормативно-правових актів для формування ефективної законодавчої бази європейського рівня і створення реального правового поля для забезпечення рівних умов функціонування суб'єктів господарювання органічного напрямку.

ТЕХНІЧНІ РЕГЛАМЕНТИ: РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Чеманова А. О., магістрант; Хярм В. М., ст. викладач

Технічний регламент (ТР) - законодавчий акт, прийнятий органом влади, що містить обов'язкові технічні вимоги або безпосередньо, або шляхом посилання на стандарти, або шляхом застосування взаємопов'язаних стандартів. ТР є найсуворішою формою нетарифного регулювання, дозволяючи органам влади вирішувати завдання захисту життя, здоров'я, майна, охорони довкілля.

В Україні технічний регламент - це закон України або нормативно-правовий акт, прийнятий Кабінетом Міністрів України, у якому визначено: характеристики продукції або пов'язані з нею процеси чи способи виробництва, а також вимоги до послуг, включаючи відповідні положення, дотримання яких є обов'язковим.

Станом на 01.01.2012 в Україні постановами Кабінету Міністрів України прийнято: Технічних регламентів України - 40, додатків до технічних регламентів - 8, змін до технічних регламентів -2. Всього прийнято 50 документів. Виконання вимог Технічних регламентів є обов'язковим. У ТР наводяться основні вимоги безпеки до потенційно небезпечного обладнання. Є ТР, які встановлюють вимоги до ефективності обладнання. Більш конкретні вимоги до продукції наводяться у стандартах. Під кожен ТР Держспоживстандарт публікує переліки стандартів, добровільне застосування яких сприймається як підтвердження відповідності продукції вимогам ТР. При цьому продукція може і не відповідати вимогам стандартів за деякими пунктами (або в цілому, або взагалі виготовлятися без наявності стандартів), і завдання уповноваженого органу провести оцінку відповідності продукції вимогам ТР.

Стандарти мають рекомендаційний характер. Зацікавлені підприємства й організації застосовують їх на добровільній основі. Користувачі стандартів самі вирішують, які стандарти їх стосуються, і якщо вигоди переважають очікувані витрати, компанії або організації упроваджують їх у практику. Очевидно, що рішення стосовно застосування конкретного стандарту не підвищить продуктивність і конкурентоспроможність компанії, але і не поставить під загрозу її існування.

Технічні регламенти є юридично обов'язковими приписами. Вони мають застосовуватися усіма сторонами, незалежно від того, великі це підприємства чи малі, незалежно від витрат на дотримання. Ця реалізація зобов'язань, безумовно, може бути істотною загрозою для існування мікро-, малих і середніх підприємств.

Для органу, що видає ТР, це означає, що мають бути:

- визначені й оцінені за допомогою оцінення впливу регулювання можливі наслідки для сфери застосування ТР органами влади за розумної інвестиції коштів;

- розглянуті можливі вилучення і винятки на користь особливих сторін, що зазнали значного впливу;

- уведені адекватні перехідні періоди.

Для органів влади, які впроваджують технічний регламент, це означає, що ТР повинні бути ретельно відредаговані, а саме повинні:

- бути написаними зрозумілою і простою мовою;
- містити однозначні вимоги;
- мати змістовно повні твердження;
- містити мінімальну кількість посилань на інші нормативні акти.

Процес стандартизації дотримується відповідності міжнародному і визнає такі принципи, як відкритість, консенсус і прозорість.

Застосовуються різні методи використання стандартів - дослівне відтворення стандартів у регламенті або їхніх частин та, найчастіше, посилання на стандарти.

Метод дослівного відтворення у регламенті стандартів втілює найбільш статичну форму використання стандартів, яка довела свою непрактичність у багатьох випадках і навіть може бути джерелом правової невизначеності. На відміну від цього метод посилання на стандарти має значні переваги:

- законодавець може розраховувати на визнані рішення і не вкладати кошти у «повторний винахід колеса»;
- у цілому процес розроблення є надзвичайно рентабельним;
- основні характеристики процесу стандартизації - консенсус, відкритість, прозорість - забезпечують високий ступінь схвалення ТР;
- належні стандарти описують сучасний стан справ.

У випадку посилання з датою ТР міститься номер, назву і дату визначеного стандарту. У результаті лише ця версія стандарту може бути використана для цілей дотримання. Перевага цього методу виражена в його чіткості та високому ступені правової визначеності. Законодавець як «майстер процедури» вирішує, які характеристики є важливими для цілей регулювання. Користувачі регламентів точно знають, відповідність якому стандарту є обов'язковою. У випадку посилання без дати у ТР подається тільки номер і назва стандарту, не дата. Результат цього виду послання полягає у тому, що в будь-який час це буде завжди поточна версія стандарту, яка процитована для доповнення регламенту або демонстрації відповідності законним вимогам.

Метод показового посилання на стандарти - один із основних елементів європейського «Нового підходу» до гармонізації ТР, стандартів і процедур оцінювання відповідності. Згідно із цим підходом гармонізовані ТР, які є чинними для усіх держав - членів Європейського Союзу (ЄС), містять лише декілька «основоположних вимог», особливо щодо безпеки продукції і здоров'я споживачів.

Оцінення впливу регулювання (RIA) являє собою політичний інструмент для визначення та оцінення впливу запропонованого регулювання з урахуванням його вартості, вигод і негативних наслідків. Консультації з окремими потенційно зацікавленими сторонами складають важливий елемент кожної RIA. RIA забезпечує структуру для обговорення звітів, а результати обговорення/консультацій ураховуються у процесі RIA.

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ УГЛЕФТОРОПЛАСТОВОЙ КОМПОЗИЦИИ

Петренко Е. А., студент; Будник А. Ф., доцент

Общность технологических процессов изготовления заготовок из уплотняемых материалов состоит в наличии операции формообразования изделия из композиции посредством процессов формования. Способы процесса прессования обуславливают структурную однородность, стабильность свойств по объему заготовки и уровень влагопоглощения. Все это определяет физико-механические и триботехнические характеристики будущего композита.

В ходе проведенных экспериментов, подтвердивших теоретические предпосылки, установлено, что неравномерность распределения давления прессования по объему прессовки и, как следствие, разнородность заготовки из углефторопластового композита по её объему обусловлена процессами внешнего и межчастичного трения фаз композиции при формовании заготовки из неё. Неоднородность свойств и влагопоглощения по объему заготовки композита является закономерным следствием этого и сильно влияет на конструкционную устойчивость композита, определяя его долговечность.

Потери усилия прессования на преодоление внешнего и внутреннего трения зависят от коэффициента трения в паре углефторопластовый композит – материал пресс-формы, качества обработки (шероховатости) стенок пресс-формы, высоты засыпки прессуемого порошка композиции и диаметра пресс-формы, наличия дополнительной твердой смазки в составе композиции или на стенках пресс-формы.

Доказано, что введение порошкообразной твердой смазки (дисперсного наполнителя) в состав углефторопластовой композиции снижает межчастичное и внешнее трение при формовании заготовки композита компрессионным прессованием, что позволяет получать равноплотные заготовки с высокими эксплуатационными свойствами и низким влагопоглощением.

Проведенными исследованиями выявлено, что механическое увеличение усилия прессования для достижения необходимой плотности и пористости прессовки не приводит к желаемому результату. Причиной этого является нарушение режимов прессования углефторопластовой композиции приводящее к измельчению углеволокнистого наполнителя и потере им армирующих свойств, и как следствие к снижению эксплуатационных свойств композита. Полученные результаты легли в основу решения задачи оптимизации режимов процесса прессования углефторопластовых композитов и прогнозирования свойств готовых изделий используемых в трибосистемах компрессорных машин.

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ УГЛЕФТОРОПЛАСТОВОГО КОМПОЗИТА ТЕХНОЛОГИЕЙ ПОДГОТОВКИ НАПОЛНИТЕЛЯ

Чернышова В. С., студентка; Будник А. Ф., доцент

Целью работы стало – формализовать методику подбора технологических параметров процесса получения углеволокнистого наполнителя и углефторопластовой композиции, обеспечивающую оптимизацию режимов переработки и воспроизводимость заданного техническими условиями уровня физико-механических свойств полимерного композиционного материала. Исследования проводились на лабораторных установках, установках опытных производств, промышленных установках. В качестве варьируемых технологических параметров процесса выбраны: форма рабочих органов измельчителя; число оборотов рабочих органов; время измельчения.

Методика оптимизации технологических параметров углефторопластовых композиций отработывалась для политетрафторэтилена (фторопласта-4) с углеродными волокнами, изготовленными из гидратцеллюлозной ткани путем предварительной обработки в растворе антипирена $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O} + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (1:1) и отжига в среде природного газа последовательно при конечных температурах 450 ± 10 °С и 850 ± 20 °С. Полученная таким образом смесь содержала: 60-65 %С; 1,1-4,5 % Н; 3,5-4,5 %О; 3,0-3,6 % соединений В и 3,0-3,6 % соединений Р; 21-26 % золя (по минимальному содержанию Н и О элементный состав отвечал формуле $\text{C}_{36}\text{H}_5\text{O}$). На поверхности ткани содержался пироуглерод (в результате частичного разложения метана), пековые и смоляные отложения. Углеродная ткань имела разрывную прочность 70-236 Н/см по основанию и 20-100 Н/см по утку, волокна ткани были диаметром 10-12 мкм, прочность при разрушении 0,52-0,60 ГПа, модуль упругости 27-47 ГПа.

Среднечисленную и средневесовую длину углеродных волокон после измельчения УВ определяли на сканирующем анализаторе по компьютерной программе, а в композиции рассчитывали по данным анализа изображений отожжённой при 600 °С пробы композиции, распределённой по предметному стеклу микроскопа или анализатора.

Физическое или математическое моделирование технологического процесса получения наполнителя (УВ) для углефторопластовой композиции позволило получить уравнение регрессии, которое может быть использовано для дополнительной оптимизации составляющих процесса, обеспечивающих необходимую структуру и свойства композита.

ПОКРАЩАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ

Дернова Н. Ю., студентка; Говорун Т. П., ст. викладач

Інструменти із швидкорізальних сталей працюють в умовах впливу складного комплексу чинників, наприклад високих контактних напруг і температур, а також в умовах активного абразивного впливу інструментального матеріалу, адгезійно-втомних, корозійно-окисних і дифузійних процесів. Підвищення працездатності таких інструментів за рахунок збільшення їх твердості, стійкості, надійності і продуктивності є одним з головних факторів підвищення ефективності виробництва.

Працездатність ріжучого інструменту може бути підвищена за рахунок такої зміни поверхневих властивостей інструментального матеріалу, при якій контактні площі інструменту будуть найбільш ефективно чинити опір різним видам зношування як при кімнатній, так і при підвищеній температурах. При цьому інструментальний матеріал повинен одночасно володіти достатнім запасом міцності при стисненні і вигині, прикладанні ударних імпульсів і знакозмінних напружень. Використані для виготовлення ріжучого інструменту швидкорізальні сталі, на відміну від інших інструментальних сталей, мають високу теплостійкість (червоністьійкість), тобто здатність зберігати свою структуру (мартенсит), високу твердість, міцність і зносостійкість при підвищених температурах, що виникають у ріжучій кромці при різанні з великою швидкістю. Ці сталі зберігають мартенситну структуру при нагріванні до температури 600-620⁰С. Тому застосування швидкорізальних сталей дозволяє значно підвищити швидкість різання (в 2-4 рази) і стійкість інструментів (в 10-30 разів) в порівнянні зі сталями, що не володіють теплостійкістю.

Термоциклічна обробка (ТЦО) є одним з ефективних способів зміни структури і властивостей залізовуглецевих сплавів. Багатократні фазові і структурні перетворення в результаті повторних циклів нагріву і охолодження приводять до покращення структури і підвищення механічних властивостей сталей. Термообробка з використанням ТЦО приводить до утворення максимально дрібнозернистої структури, яка визначає одержання виробів з унікальними властивостями — одночасно підвищена міцність, в'язкість та пластичність. Саме ці параметри впливають на ефективність роботи інструментів.

Швидкорізальні сталі були й залишаються інструментальним матеріалом, використовуваним для обробки металів. У зв'язку з дефіцитом вольфраму останнім часом отримали розповсюдження швидкорізальні вольфрамомолібденові сталі, які навіть витіснили «класичну» сталь P18. З цих сталей переважно застосовують сталь P6M5.

Великий вклад класичних робіт Геллера Ю.А., Кремнева Л.С. та інших вчених в металознавство швидкорізальних сталей є основою всіх сучасних досліджень. В той же час, розвиток нових технологій зумовлює можливість виявлення резервів для покращення цих властивостей. Більшість дослідів по швидкорізальним сталям направлено на покращення їх властивостей в литому і повністю термообробленому стані. Застосування термоциклічної обробки для ряду конструкційних сталей має позитивний ефект, що виражається у підвищенні межі текучості до 6 – 15%, відносного подовження до 22 – 36%, ударної в'язкості до 100 – 130% при збереженні рівня твердості. Тому представляється доцільним застосування термоциклування при термічній обробці швидкорізальної сталі.

Застосування термоциклічної обробки для вуглецевих інструментальних сталей на заміну нормалізації дозволяє досягнути майже двократного зниження твердості до рівня, що відповідає вимогам. В той же час, застосування термоциклічної обробки для високо вуглецевих сталей з великою частиною карбідної фази, якими являються швидкорізальні сталі нормальної і підвищеної теплостійкості, вважаються проблемними.

За останній час Хайдоровим А.Д. і Кондратьєвим С.Ю. [1] виконані роботи, що дозволяють покращити структуру швидкорізальних сталей, навіть в литому стані, за рахунок зменшення кількості ледебуритної евтектики та зміни розмірів й складу карбідної фази. Мета роботи полягала у покращенні мікроструктури литої швидкорізальної сталі Р6М5-Ш за рахунок зменшення кількості ледебуритної евтектики, роздроблення та зменшення карбідної сітки, зниження карбідної неоднорідності, зміни розмірів і складу карбідів. Отримані результати показують, що застосування ТЦО до гарячекатаної швидкорізальної сталі, з якої виробляють більшість ріжучих інструментів різноманітної номенклатури, може дати позитивний результат. При цьому багатократне циклування повинне впливати як на поліморфне перетворення, так і на трансформацію карбідної фази, кількість якої в швидкорізальних сталях може досягати 22-28% [2]. Завдяки саме застосуванню ТЦО в металургії буде вирішено ряд проблемних питань щодо покращення властивостей інструментальних сталей, тим самим підвищення надійності та довговічності інструменту.

Список літератури

1. Кондратьев С. Ю. Термоциклическая обработка литой быстрорежущей стали Р6М5 / С. Ю. Кондратьев, А. Д. Хайдоров // Технология машиностроения: Обзорно-аналитический, научно-технический и производственный журнал. – 2010. - № 12. – С.5-9.

2. Хайдоров А. Д. Влияние термоциклической обработки на структуру литой быстрорежущей стали Р6М5-Ш / А. Д. Хайдоров, С. Ю. Кондратьев // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2011. - № 6. - С. 42-47.

ВПЛИВ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИВАРНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ СИЛУМІНІВ

Карпенко К. Г., студентка; Говорун Т. П., ст. викладач

Велике значення для зниження питомої матеріаломісткості виробів має заміна чорних металів більш легкими кольоровими, зокрема алюмінієм і його сплавами. Хоча алюміній і дорожчий за сталь, проте економія за масою при його використанні досягає 60%. Тому алюмінієві конструкції можуть бути дешевше сталевих. Алюміній і сплави на його основі володіють комплексом властивостей, що забезпечують їм важливі переваги перед іншими матеріалами. Вони відрізняються малою щільністю, високою питомою міцністю, доброю корозійною стійкістю, дозволяють витримувати значні статичні і динамічні навантаження. Причому сировинні ресурси алюмінію практично не обмежені, він є найпоширенішим металом у природі.

Алюмінієві ливарні сплави у порівнянні з чавуном і сталлю мають ряд важливих переваг: можливість отримувати більш точні литі заготовки з малою шорсткістю поверхні високопродуктивними методами лиття в металеві форми (у кокіль, під тиском, рідким штампуванням). Такі сплави володіють також більш високою корозійною стійкістю.

Сплави на основі алюмінію та кремнію – силуміни зазвичай містять від 5 до 14% Si. Володіючи високими ливарними властивостями, силуміни є основним вихідним матеріалом для створення технологічних і, в той же час, високоміцних ливарних алюмінієвих сплавів. [1] Типовим силуміном є сплав АЛ2 (АК12) з вмістом 10-13% Si. В литому стані він складається в основному з евтектики і деякої кількості надлишкових кристалів кремнію. Механічні властивості такого сплаву є дуже низькими: межа міцності на розтяг складає $\sigma_B = 120 - 160$ МПа при відносному подовженні $\delta < 1\%$. Тому при використанні силумінів дуже важливим є застосування певної технології їх зміцнення.

Одні літературні джерела [1] при зміцненні силумінів, перевагу віддають модифікуванню, що здійснюється обробкою рідкого силуміну невеликими кількостями металевого натрію або солями натрію. При модифікуванні відбувається значне подрібнення частинок евтектичної суміші, це пов'язує з здатністю натрію оточувати утворені зародки кремнію і гальмувати їх зростання. Структура сплаву після модифікування складається з надлишкових кристалів α -твердого розчину і дуже дисперсної, практично точкової евтектики. Відповідно до інших літературних джерел [1] найбільш поширеною обробкою ливарних алюмінієвих сплавів є термічна обробка (ТО). Основними видами ТО ливарних алюмінієвих сплавів є відпал, гартування і старіння. Відпал застосовується для зняття залишкових напружень шляхом часткового усунення неоднорідності складу сплаву за допомогою дифузії і часткового вирівнювання структури в зернах α -твердого розчину, а також зміни форми і розміру частинок другої фази. Гартування застосовується для отримання максимально можливого пересичення твердого розчину на

основі алюмінію, що забезпечує істотне зміцнення сплаву. Метою застосування режиму старіння (природного чи штучного) є отримання підвищеної міцності загартованого сплаву або більш стабільних розмірів деталей. В залежності від поєднання температури і часу витримки при штучному старінні можна отримати не тільки зміцнення, а й підвищення пластичності сплавів.

Можливості термоциклічної обробки (ТЦО) при використанні для кольорових сплавів досить широкі [2]. Так, використання ефекту трещіноутворення при ТЦО кристалів первинного кремнію в заевтектичних силумінах дозволяє до певної міри подрібнити навіть кристали первинного кремнію, що в кінцевому рахунку веде до широкого застосування висококремнієвих силумінів. Крім того, ТЦО сприяє усуненню строчних включень надлишкових фаз і підвищенню деформаційної здатності сплавів, що тим самим забезпечує отримання деталей з однорідною рекристалізованою структурою, рівномірним розподілом залишкових напруг і високими механічними властивостями. Ефект ТЦО багато в чому визначається вибраним режимом. Для силумінів найбільш доцільним є застосування високотемпературної термоциклічної обробки (ВТЦО). ВТЦО характеризується наступними параметрами: числом циклів, максимальної та мінімальної температурами в циклах, швидкостями нагрівання й охолодження, а також наявністю або відсутністю короточасних витримок при температурах. Значення параметрів при дослідженні мають бути в таких межах, щоб вони, з одного боку, мали практичний сенс, а з іншого - ефективно впливали на властивості.

Після ВТЦО для ливарних сплавів характерне підвищення відносного подовження при збереженні або деякому збільшенні показників міцності у порівнянні зі стандартними режимами обробки. Наприклад, відносне подовження для сплаву АЛ2 зростає більше, ніж в 2 рази. Тривалість термообробки скорочується в 1,5-4 рази [2]. При цьому рівень властивостей, що змінюються після ТЦО залежить як від хімічного складу, так і від фазового складу сплаву.

З використанням ВТЦО у силумінах значно поліпшуються механічні властивості як міцнісні, так і пластичні. За рахунок інтенсифікації процесів дифузії, фазових і структурних перетворень даний метод обробки дозволяє скоротити тривалість термічної обробки, поліпшити весь комплекс механічних властивостей, а отже - надійність деталей машин.

Список літератури

1. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г. Г. Мухин и др. - 4-е изд., стер. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. - 646 с.: ил.
2. Смагоринский М.Е. Справочник по термомеханической и термоциклической обработке металлов: справочное издание / Под общ. ред. М.Е. Смагоринского. - СПб. : Политехника, 1992. - 413 с. : ил.

СИНТИКОМ – МАТЕРИАЛ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ЧУГУНУ

Шостак М. Н., студентка

Все постоянно развивается, во многих областях делаются открытия, и металлургия не является исключением. Постоянно изобретаются новые технологии, новые материалы и сплавы. Это крайне необходимо, так как потребности производства растут, и остановится на достигнутом не представляется возможным. Кроме этого, в сфере металлургии немалая конкуренция, поэтому нужно постоянно продвигаться к продукту, который будет более качественным, более прочным, и, конечно же, как можно более дешевым в процессе изготовления. На пути к достижению результатов в этом направлении начали внедрять в производство новый материал под названием синтиком и разрабатывать оборудование для его изготовления.

Материал синтиком производится на основе чугуна, путем его преобразования. Это новый материал с новыми показателями и свойствами, и стоит он дешевле, чем чугун. А если увеличить процент наполнителя в материале - он может стать еще дешевле. К металлургической отрасли всегда выдвигались строгие экологические требования, а сейчас в связи с ухудшением экологической обстановки, они стали еще строже, а штрафы больше. Синтиком отвечает всем требованиям экологичности, материал не образует отходов в виде пыли, он пожаробезопасен. Производством синтикома занимаются во многих странах, и достаточно успешно.

Материал синтиком в своем составе имеет металлическую основу, которая в свою очередь состоит из передельного чугуна и наполнителя. Передельный чугун - это железоуглеродистый сплав. А в роли недорогого наполнителя выступает оксид железа, материалы, содержащие углерод, восстанавливающие элементы, элементы образующие шлак. Производится синтиком по следующей схеме: недорогой наполнитель добавляют в жидкий чугун, находящийся в литейной форме, затем добиваются его равномерного распределения. В результате таких на первый взгляд простых преобразований создается материал, свойства и качества которого можно задать еще в процессе изготовления. Чтобы достичь необходимых показателей учитывают все, в том числе и промышленное оборудование, которое используют в производстве. Многое зависит, например, от сталеплавильного агрегата - необходимо обязательно учесть его тип, особенности работы.

Синтиком - уникальный материал, он способен выполнять разные технологические задачи, не только решать проблемы металлошхты. К таким технологическим процессам можно отнести: выявление и контроль процесса обезуглероживания при финишной стадии процесса проудвки, измена характера окисления, увеличение скорости процесса, борьба с переокислением металла.

Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Говорун Т. П.

МАТЕРИАЛЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ВИДЕТЬ СКВОЗЬ СТЕНЫ

Шостак М. Н., студентка

Видение сквозь стены с помощью терагерцевых лучей - не новость. Но до сих пор развитие этой технологии сдерживалось отсутствием материалов, способных работать с этими лучами так же, как линзы или зеркала взаимодействуют с обычными лучами. Выяснилось, что терагерцевые лучи сочетают высокую проникающую способность, подобную таковой как у радиоизлучения, с удобством фокусировки, сходным со световыми лучами.

Сразу определились сферы применения новой технологии: метеорология и океанография, радары с новыми свойствами, всепогодная навигация, дистанционное обнаружение оружия под одеждой, проверка качества деталей, наконец — медицина, где безопасные для организма терагерцевые волны могут составить мощную конкуренцию рентгену.

Материал, разработанный калифорнийскими исследователями, состоит из кварцевой пластины, на которую нанесено множество шаблонных медных элементов, названных разрезными кольцевыми резонаторами. Каждый из них составлен из двух концентрических медных квадратов. В свою очередь, все квадраты имеют в своём периметре микроскопический разрыв. Ширина одного резонатора — примерно 50 микронов, меньше чем толщина человеческого волоса. В основе новой разработки лежит просвечивание объекта терагерцевыми волнами.

Инженеры из американского университета Райса создали первый в мире эндоскоп на терагерцевых лучах. Его особенность - волноводы, позволяющие подвести терагерцевое излучение к труднодоступным местам изучаемого объекта. Установка использует диапазон волн с частотой от 0,1 до 10 терагерц. Интересно, что ни обычное оптическое волокно, ни коаксиальные радиочастотные кабели, не подходили для передачи этих волн. Секрет в том, что физики решили не полагаться на сами терагерцевые волны для переноса импульса воздействия к цели и передачи информации от неё к приёмнику. Вместо этого они направили на объект два сфокусированных лазерных луча с длинами волн 800 и 400 нанометров. Объединяясь непосредственно перед целью, эти лазеры вызывают ионизацию воздуха и генерируют терагерцевые лучи, сканирующие цель. Отражённое от предмета терагерцевое излучение, в свою очередь, вызывает флуоресценцию всё того же облачка плазмы, висящего перед предметом, причём в характеристиках этого повторного излучения отражается подпись просканированного вещества в терагерцевом спектре. Лазеры ближнего инфракрасного диапазона на терагерцевых волнах могут обнаружить запрещённые к перевозке вещества и предметы в грузах, находят дефекты в деталях, свободно проникают сквозь ткань, пластик, бумагу и другие типы материалов.

Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Говорун Т. П.

ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Сфременко К. Ю., студентка; Дуброва Є. О., студент

На сьогоднішній день досить високі вимоги пред'являються до матеріалів хімічної промисловості, де деталі устаткування повинні володіти високими експлуатаційними властивостями, а саме високою зносостійкістю та корозійною стійкістю. Зазвичай, для роботи в складних умовах застосовують корозійностійкі високолеговані сталі які мають високу собівартість.

Одними з найбільш перспективних методів заміни високолегованих сталей є метод нанесення покриттів шляхом хіміко-термічної обробки. Використання ХТО особливо ефективно у випадках коли необхідно отримати підвищені властивості поверхні виробу. В даному разі, це більш економічно вигідно ніж отримання обемнолегованої сталі з аналогічними властивостями.

До перспективних процесів ХТО: належать борування, хромування, титанування та їх комбінація.

Для визначення можливості заміни високолегованої нержавіючої сталі на вуглецеві (із застосуванням захисних покриттів) були проведені дослідження. В якості об'єктів дослідження були вибрані наступні зразки: сталь 20Х13; сталь 45; сталь 45 (з хромовим покриттям); сталь 10 (з хромовим покриттям).

Випробування корозійної стійкості проводили масометричним методом. Зразки розміщували в ємності з водопровідною водою. Через кожні 5 діб зразки промивалися, висушувалися і зважувалися на аналітичних вагах.

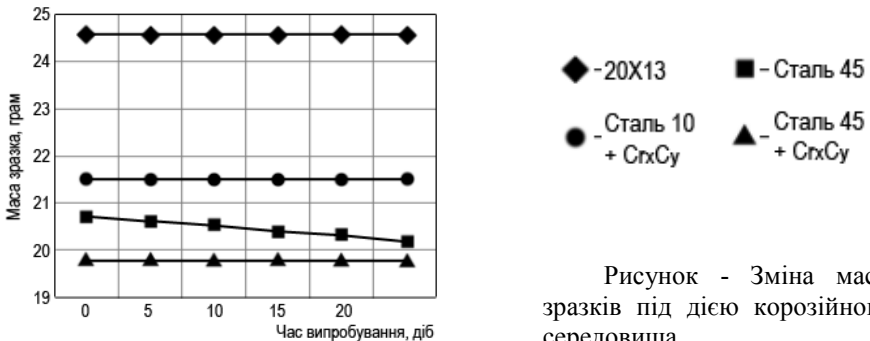


Рисунок - Зміна маси зразків під дією корозійного середовища

Через 30 діб маса зразків з легованої та вуглецевої сталі з покриттям практично не змінилася, на сталі 45 спостерігаються незначні ділянки іржі та дещо зменшилася вага зразка. Більш точні результати отримаємо значно збільшивши час випробувань.

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЗМІЦНЮВАЛЬНОГО ШАРУ МЕТАЛУ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ РОБОЧОГО КОЛЕСА ПРОМІЖНОЇ СТУПЕНІ НАСОСА ЦНС-240М

Варуха І. О., студентка

Для хімічної, нафтової і газової промисловості випускаються відцентрові насоси в широкому асортименті продуктивністю від 2 до 500 м³/ч. Виготовлення з корозійностійких і титанових сплавів, як і забезпечують можливість їх застосування для високо агресивних середовищ.

Інтенсифікація робочих режимів і важкі експлуатаційні умови створюють передумови для швидкого виходу з ладу окремих деталей насоса. У багатьох випадках надійність машин досягається в першу чергу шляхом забезпечення об'ємної та поверхневої міцності матеріалів при дії навантажень, середовища та температури. Процеси об'ємного руйнування протікають в результаті накопичення в матеріалі дефектів його структури, що призводять до макроскопічних руйнувань. Як правило, поверхневі шари деталі піддаються найбільш сильному механічному, тепловому, хімічному та іншим видам впливу. Втрата колесом робочим проміжною ступені працездатності відбувається з поверхні в результаті зношування, ерозії. Тому значний ресурс підвищення працездатності полягає в зміцненні поверхонь колеса робочого проміжною ступені насоса ЦНС-240М. Дане направлення по зміцненню поверхні колеса насоса дозволяє збільшити продуктивність і довговічність його роботи, що є сучасним і актуальним питанням.

Метою виконання даної роботи є раціональний вибір матеріалу, сплаву для наплавки, методу зміцнення і термічної обробки колеса робочого проміжною сходитки з подальшим дослідженням структури і властивостей матеріалу для забезпечення високих механічних властивостей, довговічності та надійності, жаростійкості, високої корозійної стійкості, зносостійкості деталі.

Нами було проведено дослідження зносостійкості зміцнюючого шару металу на структуру та властивості робочого колеса проміжною ступені насоса ЦНС-240М, проведений критичний аналіз патентно-літературних джерел.

Вперше для зміцнення ступиці розроблений новий матеріал, що складається з карбідів хрому і карбідів вольфраму, які значно перевищують за міцністю зносостійкості існуючі зміцнюючі матеріали і технології застосовуються для цих цілей.

Тривалість роботи робочого колеса проміжною ступені насоса ЦНС-240М зміцненого розробленим матеріалом для наплавки у порівнянні з існуючим зміцненням дозволило збільшити довговічність роботи насоса ЦНС-240М, що є практичною цінністю нашої роботи.

Робота виконана під керівництвом доцента Любича О. Й.

РАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕТОД УПРОЧНЕНИЯ КРЫШКИ КОМПРЕССОРА

Карпичев А. И., студент; Любич А. И., доцент

Компрессор - это составная часть газоперекачивающего агрегата. Служит для дожимания газа до определённого давления, например с 28 до 56 атмосфер. В настоящее время на предприятии выпускаются различные модификации компрессоров с масляной системой смазки, сухими уплотнениями ротора и магнитными подшипниками к ним относится и компрессор марки 154ГЦ2-63/65-155М124.

Основной деталью компрессора является крышка, которая изготавливается из стали 20ЮЧ ТУ 26-0303-1532-84. Уплотнительные поверхности крышек выполняются коррозионностойкой наплавкой, стойкой к воздействию сероводородной среды.

На производстве ранее применялась наплавка корпусов компрессоров лентой из стали 07Х25Н13. Учитывая, что компрессор относится к аппаратам категории №2, необходимо было проработать вопрос выполнения антикоррозионной наплавки на сталь 20ЮЧ с соблюдением требований ISO 15156. В настоящее время антикоррозионную наплавку уплотнительных поверхностей цилиндра и крышек компрессора выполняют высоконикелевым сплавом типа Inconel полуавтоматической сваркой в смеси защитных газов $Ar+20\%CO_2$ порошковой проволокой $\varnothing 1,2$ мм ENiCrMo-3T1-4 AWSA 5.34 (Inconel 625). В качестве дублирующего варианта, а также для исправления дефектов была выбрана ручная электродуговая наплавка электродами ENiCrMo-3 AWS 5.11 $\varnothing 4$ мм.

Нами предложена наплавка полуавтоматом порошковой проволокой $\varnothing 1,2$ ENiCrMo-3T1-4 в смеси защитного газа $Ar+(18\div 20\%)CO_2$ полуавтоматом «Кемпи» в импульсном режиме. С целью выбора оптимального режима сварки, обеспечивающего хорошее формирование наплавленного валика, хорошую отделимость шлаковой корки, особенно по линии сплавления с материалом основы и первого слоя, были выполнены наплавки полуавтоматической сваркой порошковой проволокой ENiCrMo-3T1-4. Наплавку выполняли в два слоя на сталь 20ЮЧ. Процесс наплавки стабильный, формирование валика хорошее. Отделимость шлака хорошая. По линии сплавления с основным металлом и между валиками на поверхности наблюдаются остатки шлаковой корки. На шлифе внутренние дефекты не обнаружены. Твердость наплавленного металла 232-260 HV, ЗТВ – 161 HV, основного металла (ОМ) – 126 HV, после отпуска твердость наплавленного металла составила 234-241 HV, ЗТВ – 141 HV, ОМ – 128 HV.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЗЕМСНАРЯДА

Шульга Р. С., студент; Любич А. И., доцент

Земснаряд - судно технического флота, предназначенное для производства дноуглубительных работ и добычи нерудных строительных материалов. Он предназначен для перекачивания грунта в виде пульпы с применением грунтового насоса. Наиболее распространенный тип земснарядов применяется на I-IV классах грунтов. Этот тип земснарядов представляет собой земляной насос (помпа) - центробежный насос для перекачки напорными трубопроводами гидросмеси с размерами частиц твердой фазы до 400 мм. Внутри корпуса насоса, который имеет, как правило, спиральную форму, на валу жестко закреплено рабочее колесо. Оно, как правило, состоит из заднего и переднего дисков, между которыми установлены лопасти. Они отогнуты от радиального направления в противоположную сторону, направления вращения рабочего колеса. С помощью патрубков корпус насоса соединяется с всасывающим и напорным трубопроводами.

Применение для грунтовых насосов износостойчивых материалов может во много раз увеличить сроки службы отдельных быстроизнашиваемых частей. Установлено, что интенсивность износа простого серого чугуна по крайней мере в 10-15 раз и более превышает интенсивность износа специальных сплавов, применяемых в лучших моделях землесосов. До настоящего времени в качестве износостойкого материала для изготовления рабочих деталей грунтовых насосов довольно широкое применение получил высокохромистый чугун с никелем ИЧХ28Н2 (27-30% хрома, 1,5-0,3% никеля). Для некоторых насосов колесо изготавливают из высоко легированных сплавов 40ХГСФЛ, 40ХГСНЛ, 35ХНВФЛ, а также 35Л путем литья в кокиль.

Нами предложено изготовить рабочие колесо из стали 25 ГСЛ, отлить в песчано-глинистой форме после чего на поверхность лопастей и ребер наплавить сормайт (наплавочный материал, содержит 25—31% Cr, 2,5—3,5 % C, 2,8—4,2% Si, 3—5% Ni, до 1,5% Mn, до 0,08% S, до 0,08% P).

Процесс наплавки стеллита или сорманта во избежание окисления наплавленного слоя и выгорания углерода, вольфрама и хрома выполняют ацетилено-кислородным пламенем с избытком ацетилена. При наплавке горелку держат под углом к наплавляемой поверхности на расстоянии 15—20 мм. Поверхность нагревают до образования тонкой пленки расплавленного металла, затем быстро подводят стержень наплавляемого материала. Стержень в процессе наплавки необходимо держать в пламени горелки, чтобы капли сплава попадали только на расплавленную поверхность основного металла.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ

Федина С. В., студентка

В современном мире большое внимание уделяется развитию материаловедения в отрасли машиностроения для замены металлов и создания новых материалов, конструктивных решений. Эксплуатационные особенности насосных установок, выполненных из стали, полной мерой не соответствуют условиям эксплуатации.

Преимущественно проточные части центробежных грунтовых насосов изготавливают из сталей типа 20Х13, 30Х13, 25Х13Н2, чугунов типа ЧХ28Н2, а также наплавляют сложнелегированными сплавами. Принципиально другие материалы и технологии защиты от износа, которые в перспективе являются более дешевыми, позволяют качественно улучшить характеристики износостойкости и рекомендовать их как перспективные защитные материалы.

Полимерные материалы обладают достаточно широким диапазоном свойств и возможностей. Среди полимеров полиуретан является гидроабразивостойким материалом, обладая хорошими литейными качествами.

Полиуретан применяют в промышленности как эффективный заменитель резины для изготовления уплотнений гидравлических устройств, конвейерных лент, деталей устройств для транспортирования абразивного шлама, различных валов, шестерен. Полиуретан благодаря своей вязкости отлично противостоит раздиру и абразивному износу свободным абразивом при разных углах атаки.

Применение полиуретана в качестве защитного покрытия проточной части насосов, испытывающих гидроабразивный износ путем заливки под давлением на изнашиваемую поверхность сколь угодно сложной конфигурации, позволяет существенно упростить технологию и отказаться от применения высоколегированных сплавов, а также наплавочных покрытий. В качестве материала для форм литья под давлением рационально применять стеклопластиковые композиционные материалы.

Разработанная методика использования заливочного полиуретана в качестве защитного покрытия, существенно упрощает технологию, улучшает эксплуатационные характеристики грунтовых насосов, работающих со смесью воды и взвешенного абразива по сравнению с традиционными гидроабразивостойкими материалами.

Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Марченко С. В.

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА РЕДУКТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОВЕДЕННЯ ІЗОТЕРМІЧНОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ

Мізенко І. С. студентка

Зубчасте колесо є складовою частиною циліндричного одноступінчатого вертикального редуктора.

Призначення редуктора - зниження кутової швидкості і підвищення обертального моменту відомого валу в порівнянні з валом ведучим.

При виборі матеріалів зубчастих коліс необхідно забезпечувати високу міцність зубів на вигин, також високу стійкість поверхневих шарів матеріалу зубів проти втомного викрашування, зносу, заїдання і т.д.

З урахуванням вартості матеріалів і забезпеченням працездатності зубчастого колеса було запропоновано використовувати для його виготовлення сталь 20Х. Ця сталь має високу поверхневу твердість при невисокій міцності серцевини.

Технологічний процес зміцнення поверхні передбачив такі операції - попередню термічну обробку заготовки (нормалізація) і кінцеву – ізотермічну цементацію, гартування, відпуску.

Нормалізацію сталі проводили при температурі 890-910°C, середовище охолодження - повітря. В результаті даного процесу отримуємо ферито-перлитну структуру, твердість складає 180 - 200 НВ. Цю операцію проводили для усунення впливу пластичної деформації на структуру та властивості сталі і підготовки її для подальшої механічної обробки.

Далі було проведено ізотермічну цементацію у твердому карбюризаторі. Температура процесу складала 900-920°C, час витримки 8 годин, охолодження з піччю. Потім заготовку гартували при температурі 800-820°C протягом 15 хв у маслі та проводили низький відпуск, температура якого 180-200 °С для зняття внутрішніх напружень.

Після цементації й наступної термічної обробки одержуємо структуру цементованого шару для легованої сталі - дрібногоччатий мартенсит із включеннями дисперсних карбідів.

Наявність у цементованому шарі структурно вільних карбідів у вигляді сітки приводить при шліфуванні до одержання тріщин (через крихкість шару). Крім того, великі включення карбідів, виходячи на поверхню, можуть викрашуватись у процесі роботи.

В результаті проведення ізотермічної цементації та подальшої термічної обробки був отриманий цементований шар товщиною 0,8 мм, та структура із меншою кількістю карбідних включень глобулярної форми.

Робота виконана під керівництвом доцента Пчелінцева В. О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ И ТВЕРДОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ВЫДЕРЖКИ ПРОЦЕССА АЗОТИРОВАНИЯ КОЛЕСА ПРЕДВКЛЮЧЕННОГО НАСОСА НПВ 3600

Шафорост Д. В., студент; Раб В. Н., ст. преподаватель

Исследуемый узел колеса предвключенного насоса НПВ 3600 предназначен для существенного улучшения кавитационных характеристик в насосах. Он эксплуатируется в довольно жестких условиях кавитации, где определенное значение имеет абразивное изнашивание за счет абразивных частиц, а также при контактировании с агрессивной жидкостью; испытывает гидродинамические удары, в результате которых происходит разрушение и эрозия. Поэтому работоспособность колеса во многом определяется состоянием поверхности: коррозионной стойкостью, твердостью и износостойкостью, с достаточно вязкой сердцевиной. При этих условиях наиболее оптимальная марка стали 38Х2МЮА, с применением процесса азотирования. К основным видам азотирования относят: газовое, ионно-плазменное и из растворов электролитов.

Целью исследования является разработка технологических вариантов регулируемых процессов азотирования, которые позволяют обеспечить формирование определенной однородной мелкозернистой структуры и фазового состава азотированного слоя для требуемых физико-механических характеристик колеса предвключенного

В ходе работы были проанализированы два метода химико-термической обработки: газовое (печное) и ионное (в тлеющем разряде) азотирования. В качестве альтернативного метода закаливания была предложена закалка методом ТЦО. Кроме того, было исследовано влияние выдержки при температурах азотирования на эксплуатационные свойства стали, в частности на ударную вязкость и твердость.

В результате можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным является применение ионного азотирования, что помогает снизить себестоимость продукции и улучшить условия работы, так как ионное азотирование не токсично и отвечает требованиям защиты окружающей среды.

Также, согласно полученным данным, ионное азотирование более целесообразно использовать с точки зрения влияния времени выдержки при азотировании на ударную вязкость: при увеличении времени выдержки величина ударной вязкости уменьшается. Если на предприятии возможно проведение только газового азотирования, то для сохранения высоких показателей ударной вязкости необходимо применять закалку ТЦО в качестве предварительной термообработки перед азотированием. В результате этого происходит измельчение зерна стали, что положительно влияет на показатели ударной вязкости и твердости поверхности.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ПЛАКУВАННІ РІЗНОРІДНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Петренко Є. А., студент

В сучасному машинобудуванні є актуальною проблема плакування поверхонь деталей різномірними зносостійкими матеріалами. Це пов'язано з отриманням матеріалів, які б об'єднували в собі цілий ряд специфічних властивостей, такі як висока механічна міцність, висока корозійна стійкість, жароміцність, зносостійкість, мала питома вага та висока електропровідність.

Одним з найбільш перспективних методів формування композиційного матеріалу при плакуванні різномірними матеріалами є використання високотемпературного паяння із застосуванням капілярного зазору. При високотемпературному паянні різномірних матеріалів із застосуванням капілярного паяльного зазору в ряді випадків важко сформувані якісне паяне з'єднання. Це пов'язано як з різними теплофізичними властивостями матеріалів, що паяються, так і зі значною взаємною дифузією компонентів припою й основного металу. У результаті дифузії в капілярному зазорі неминуче формується метал шва, склад якого обумовлений композицією матеріалів, що паяються, і припою. Цей важко керований процес часто перешкоджає утворенню якісного паяного з'єднання.

Паяння твердосплавних пластин зі сталлю складне з двох причин:

- через наявність на поверхнях, що паяються, оксидів;
- істотного розходження значень коефіцієнта термічного лінійного розширення сплаву й сталі.

Сучасним та ефективним методом при створенні композиційного покриття є застосування просочення розплавом порошку. Проведені дослідження показали, що ізотермічна кристалізація під дією значного градієнту концентрації, розчинення-осадження металу в рідкій фазі, диспергування твердої фази дозволяють керувати процесом формування композиційного металу.

Внаслідок виконання експериментальних і теоретичних досліджень отримано такі висновки:

1. Початковим матеріалом для композиційного матеріалу можуть бути стандартні промислові порошки та спеціальні порошки.
2. Формування композиційного матеріалу просоченням розплавом металу порошку в технологічній формі у стані вільної засипки або розміщеного на поверхні у вигляді прошарку дозволяє створювати різноманітні технічні конструкції спеціального призначення.
3. Технологічні процеси формування композиційних матеріалів з металевою матрицею просоченням розплавом порошків здійснюється в стандартному серійному термічному обладнанні і можуть бути освоєні на будь-якому машинобудівному підприємстві.

Робота виконана під керівництвом професора Радзівського В. М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО МЕТАЛЛА С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ

Тищенко Ю. В., студентка

В машиностроении широко применяются композиционные материалы, сформированные из металлических порошков, частицы которых связаны металлической матрицей. В связи с тем, что производство композиционных материалов – процесс дорогостоящий, из-за применения дорогого оборудования для прессования, имеет смысл искать способы для его удешевления.

Одним из перспективных направлений создания новых композиционных материалов является метод пропитки расплавом металла порошковых материалов в свободном насыпном состоянии. Такой метод не требует предварительного прессования порошков при нормальной или высокой температуре, применяемого в традиционной технологии порошковой металлургии.

Объектом наших исследований явилась разработка технологии изготовления композиционного металла методом пропитки расплавом наполнителя в свободно насыпном состоянии.

Предметом исследований – влияние состояния наполнителя на свойства композиционного металла с металлической матрицей.

Цель исследований - разработка технологии практического использования методом пропитки металлических порошков расплавом.

Было определено, что пропитка наполнителя из порошка в состоянии свободной засыпки предусматривает применение технологической формы, которую заполняют порошком, нагревают до температуры, несколько превышающей температуру плавления металла матрицы, и затем пропитывают порошок расплавом под действием капиллярных сил, гравитации, их совместным действием, или давлением газа на расплав. Нагрев необходимо осуществлять в вакуумной печи с применением автовакуумного нагрева. При этом вакуум в объеме создает сорбент, поглощающий кислород и азот воздуха.

Определено, что от степени удаления газов из порошка, остаточного парциального давления кислорода в порошке и от величины давления на расплав зависят свойства композита.

Работа выполнена под руководством профессора Радзиевского В. Н.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ЕГО СВОЙСТВА

Руденко П. В., ассистент; Воробьев И. В., студент

Необходимость знания пространственного строения полимерных композитных материалов (ПКМ), не вызывает сомнения при создании новых технологических процессов получения таких материалов и модернизации существующих. Очевидна и зависимость свойств ПКМ от их пространственной структуры, отличающейся от «плоской», которую наблюдают на поверхности шлифа при микроскопическом исследовании.

В основе изучения пространственной структуры ПКМ лежат стереологические методы описания и реконструкции структуры материалов.

В настоящее время, для изучения структуры (ПКМ) наряду с традиционными оптическими просвечивающими микроскопами часто применяются и растровые электронные микроскопы, позволяющие изучать структуру материалов при увеличении 20000-40000 раз.

Изучение порошков в отдельности или смесь порошков фторопласта-4 и углеволокнистого наполнителя стереологическими методами представляет большой интерес при исследовании влияния технологических параметров получения ПКМ процессов (смешения, измельчения) на свойства композитного материала.

Полимерный композитный материал, состоящий из фторопласта-4 и углеволокнистого наполнителя имеет типичную двухфазную структуру матрица-наполнитель, где в качестве основной фазы выступает фторопласт-4, а углеродное волокно является второй фазой.

Особенностью данных методов является возможность проводить их как при помощи стандартных оптических и электронных микроскопов, так и на нестандартном (доступном и сравнительно дешёвом) оборудовании - сканерах.

При использовании сканирующих устройств «просев» порошка исследуемого материала наносится непосредственно на предметное стекло сканера, что значительно увеличивает «поле» исследования.

Для установления корреляции между прочностью и структурой двухфазного материала (фторопласт-4 и УВ) с малой объемной долей частиц второй фазы наиболее рационально в качестве характеризующего параметра взять среднюю длину волокна \bar{L} .

Задача эксперимента состояла в определении зависимости прочности при растяжении ПКМ от средней длины углеволокнистого наполнителя. Прочность при растяжении в качестве характерного критерия выбрана потому, что она является показателем, входящем в ТУ на композитный материал и обеспечивает условия работы материала в реальных узлах машин

и механизмов (уплотнения насосного оборудования, компрессорных машин, центрифуг, реакторов и т. и.).

Для проведения эксперимента нами было использовано волокно УТМ-8 которое было предварительно измельчено на модернизированной установке на базе МРП-2М при $N = 7000$ об./мин. Время измельчения $\tau_{\text{изм}} = 5, 10, 20$ мин.

Фотографии «рассева» проб для каждого времени измельчения были обработаны при помощи компьютерной программы «Image Pro Plus» и определены геометрические параметры УВ наполнителя. Результаты приведены в таблице.

Таблица - Зависимость прочности на растяжение от геометрических характеристик наполнителя УТМ-8.

Номер опыта	Время измельчения, мин	Число рассмотренных частиц, N	Диаметр частиц, d, мкм	Минимальная длина волокна, L _{min} , мкм	Максимальная длина волокна, L _{max} , мкм	Средняя длина волокна, L _{ср} , мкм	Суммарная длина волокна, 10 ³ L _{sum} , мкм	Суммарная площадь волокна, 10 ³ S _{sum} мкм	Прочность при растяжении, МПа
1	2	180	5-7	2	950	336	60	1191	7
2	5	178	5-7	2	605	229	41	945	13
3	10	160	5-7	2	400	89	11	756	20
4	20	170	5-7	2	213	63	1	34	16

Композиция для каждого опыта была получена смешением наполнителя УВ (20%) с матрицей ПТФЭ (80%) на модернизированной установке МРП-2, время смешения $\tau_{\text{см}} = 20$ мин., $N = 2000$ об./мин.

В дальнейшем из композиций при одинаковых режимах были получены заготовки в виде втулок методом прессования и последующего спекания по известной технологии переработке фторопластов.

И данных таблицы видно, что максимальная прочность достигается при средней длине волокна 89 мкм.

МЕТОДЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА-4 С УГЛЕВОЛОКНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

Руденко П. В., ассистент; Ермолина А. Н., студентка

В отличие от переработки отходов термопластичных фторполимеров, которая осуществляется традиционными методами: измельчением их на дробилках или грануляцией с последующей экструзией на червячных прессах в изделие, - переработка отходов композитных материалов на основе фторопласта-4 является сложной технической проблемой. Основная сложность заключается в том, что для получения высококачественных вторичных изделий, которые по физико-механическим свойствам приближались бы к изделиям из первичного материала, необходима определенная степень измельчения отходов. Экспериментально было установлено, что размеры частиц измельченных отходов для изготовления вторичных изделий должны быть не более 200 мкм. Такая дисперсность обусловлена специфическими особенностями фторопласта-4: отсутствием перехода в вязко-текучее состояние, высокоэластическими свойствами полимера, сохраняющимися вплоть до криогенных температур (температура стеклования - 130 °С).

В настоящее время используются преимущественно два метода:

1. Криогенное измельчение отходов в среде жидкого азота или инертных газов.

2. Механическое измельчение отходов методом ударного действия.

Выбор способа измельчения отходов композитных материалов зависит от требований, предъявляемых к конечному продукту измельчения - порошку: его дисперсности, чистоте и размерам частиц, которые, как определено экспериментально, должны быть от 50 до 200 мкм.

В основе процессов измельчения материалов лежит способ последовательного приложения статических или динамических нагрузок, результатом которых явилось бы создание в нем таких напряжений, которые превышали бы внутренние силы сцепления частиц между собой и разрушали бы их.

В настоящее время экспериментально установлено, что для измельчения пластичных материалов, каковыми является фторопласт, необходимо не статическое приложение нагрузок - сжатие, а динамическое - удар.

В качестве исходного материала использовалась стружка полимерного композитного материала с основой фторопласт-4 и углеволокнистым наполнителем различных марок (средняя насыпная плотность $\rho = 0,13-0,15$ г/см³). Предварительно из стружки при помощи электромагнитного барабанного отделителя удалялись металлические

включения.

Измельчение отходов производили по двум технологическим схемам:

1. Прокатка стружки на двухвалковых вальцах с последующим измельчением на мельнице МРП-2М.

2. Измельчение стружки на мельнице МРП-2М.

По первой технологической схеме измельчение отходов стружки производили одноразовой прокаткой на двухвалковых вальцах без зазора при частоте вращения валков 30 об/мин и фракции 1:1. На следующей стадии технологического процесса полученный после прокатки агломерат измельчали на мельнице МРП-2М изменяя число оборотов рабочих ножей в диапазоне 1000-9000 об/мин, время измельчения для каждого эксперимента было постоянным - 360 секунд.

По второй технологической схеме измельчение отходов стружки производили на мельнице МРП-2М изменяя число оборотов рабочих ножей в диапазоне 1000-9000 об/мин, время измельчения для каждого эксперимента было постоянным - 360 секунд.

Образцы для испытания получали традиционным для переработки фторопласта-4 в изделия методом - прессованием (давление прессования $P=60,0$ МПа, скорость прессования $V=10$ мм/мин, время выдержки при максимальном давлении $t=5$ мин, скорость снижения давления $V=10$ мм/мин), оставались постоянными для всех получаемых образцов при всех видах испытаний. Спекание заготовок проводили в камерной печи. Для всех партий заготовок температурно-временные режимы спекания были постоянны - $t=360\pm 5^{\circ}\text{C}$.

В качестве контрольного образца использовался полимерный композит из порошка фторопласт-4 (80%) и углеродного волокна УТМ-8 (20%) (ТУ 6-09-321-86).

Результаты эксперимента показали, что при измельчении материала при $n=6000-9000$ об/мин по первой технологической схеме наблюдается увеличение механических свойств композита и износостойкости. Это связано с тем, что в процессе измельчения происходит разрыхление плотной молекулярной упаковки полимера, которое может привести к образованию местных локальных дефектов в структуре путем разделения соседних цепей по линии межмолекулярного взаимодействия и, следовательно, к появлению «свободных» функциональных групп, некомпенсированных взаимодействием с группами соседних цепей. Следствием повышения концентрации таких некомпенсированных групп является возрастание химической активности полимера, его реакционной способности, что и приводит к увеличению механических свойств. С другой стороны, при увеличении оборотов измельчителя увеличивается массовая доля коротких волокон ($L_b=10-60$ мкм), которые не несут армирующей композитный материал функции и снижают свойства материала.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТИ ПАР ТРЕНИЯ ПОЛИМЕР-МЕТАЛЛ

Руденко Л. Ф., ст. преподаватель; Глуходей П. Н., студент

Современный этап развития техники характеризуется повышенными требованиями к поверхностной прочности, надежности и долговечности.

Полимерные и композитные уплотнения стали альтернативой резины, цветных металлов и их сплавов, так как они имеют высокую износостойкость, устойчивость к кислотам, щелочам, маслам, бензину и воде. Полимерные уплотнения можно применять при высоких давлениях (до 1200 атм.) и температурах от -60°C до $+25^{\circ}\text{C}$.

Целью нашей работы является комплексное исследование износостойкости флуоропластовых втулок вращательного уплотнения валов и роторов компрессоров в металлополимерных парах сухого трения скольжения.

Основная задача работы – выбор обработки поверхности металла вала (химико-термическая, термическая, ЭИЛ-покрытие, КИБ-покрытие, ХПД поверхности), обеспечивающий надежность и долговечность работы в паре трения полимер-металл, так как правильное сочетание материалов обеспечивает структурную приспособляемость в металлополимерных парах трения.

Исходный материал вала – низколегированная улучшаемая сталь 40Х. Образцы из этой стали подвергаем термической обработке, закалке и низкотемпературному отпуску, диффузионной металлизации хромом при температуре 950°C в порошке феррохрома, булатированию методом КИБ нитридами титана, электроискровому легированию поверхности быстрорежущей сталью Р6М5, а также поверхностному пластическому деформированию.

Оценку приспособляемости пар трения с различной обработкой вала проводим по нескольким параметрам:

- 1) износостойкость – определяем весовым методом;
- 2) шероховатость – качество поверхности пар трения при помощи профилометра с унифицированной электронной системой ТИП А-11, модель 283 ГОСТ 19300-73;
- 3) микротвердость поверхности вала на приборе ПМТ-3;
- 4) микроструктура и фазовый состав поверхности вала (микроскоп МИМ-8М).

Предварительные исследования показали, что закаленные стали, подвергнутые ХТО или другим видам покрытий более надежно работают в паре трения с полимером, чем только термически обработанные стали, так как уровень структурных изменений значительно снижен, а возможность пластической деформации ограничен из-за высокой твердости поверхности ($\text{HV} > 1000-1200$).

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БАГАТОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ МЕТОДОМ ЕІЛ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Трипольська Н. О., студентка

В даний час важливим завданням машинобудування є продовження терміну працездатності деталей машин та механізмів. Високі вимоги до продуктивності, які пред'являються сучасним виробництвом, призводять до необхідності розробки і впровадження в промисловість нових високоєфективних способів обробки та зміцнення інструментів та деталей машин.

Нами були досліджені різні методи підвищення зносостійкості та теплостійкості навантажених деталей типу «ролик підтримуючий» рольганга листових прокатних станів. Ролики працюють в умовах інтенсивного навантаження і несприятливого навколишнього середовища. Контактуючи з гарячими листами металу та окалиною ролик піддається підвищеному зносу.

Раніше застосовувані ролика зі сталі 40Х після ТО термopolіпшення швидко виходили з ладу через різке зниження зносостійкості в умовах роботи.

Нами були проведені досліді по підвищенню експлуатаційних характеристик роликів шляхом:

- 1) хіміко-термічної обробки (азотування);
- 2) дифузійної металізації (борування);
- 3) покриття сплавами типу ВК6, ВК8 методом ЕІЛ;
- 4) покриття сплавами типу Р6М5 методом ЕІЛ.

Розроблені технологічні процеси зміцнення даними методами і проведені експерименти по визначенню зносостійкості (ваговим методом), вимірювання мікротвердості та теплостійкості (ваговим методом).

Попередні експериментальні дані показали: найкращі результати мають покриття ЕІЛ металокерамічними твердими сплавами (ВК8). Електроіскрове легування проводили на м'яких і грубих режимах по струму і напрузі на електродах. Товщина зміненого шару на «грубих» режимах, який складається з карбідів і карбонітридів вольфраму (WC та W(C,N), складала 200 мкм. Мікротвердість Н_ц 1400-1700 кгс/мм². При «м'яких» режимах товщина зміненого шару складала 70-80 мкм. Окрім «білого» шару в структурі зміненого добре видно перехідну – дифузійну зону. Мікротвердість Н₁₀₀ «білого» шару складала 1800 кгс/мм². Мікротвердість дифузійного шару – 750 кгс/мм².

Зносостійкість при електроіскровому легуванні збільшилась, порівняно з хіміко-термічною обробкою, майже в 2 рази. Це дозволяє стверджувати, що даний метод є перспективним при впровадженні його на виробництві.

Робота виконана під керівництвом ст. викладача Руденко Л. Ф.

МЕХАНИЗМЫ ВЛАГОПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ЕГО СНИЖЕНИЯ

Томас А. А., зав. лабораторией; Ватуля Е. А., студентка

Снижение уровня влагопоглощения углефторопластовых композитов (ПТФЭ+УВ) работающих в уплотнительных узлах компрессорной техники, является актуальной задачей. Экономические потери, связанные с остановкой высокопроизводительного оборудования и переналадкой производства могут быть вызваны катастрофическим износом таких элементов под действием влагопоглощения физически и химически активных сред.

Углефторопластовый композит представляет собой гетерогенную систему. Технология его изготовления, обуславливает существование внутренней пористости, и множества открытых пор на поверхности заготовки композита, существенно увеличивающих пути для диффузии и абсорбции различных сред. В таких системах в противоположность тем, где матрица проявляет себя как гидрофильная или слабонабухающая, коэффициент диффузии проникновения активной среды в композит тем выше, чем выше наполнение. В рамках феноменологического подхода механизма диффузии в композитах на основе не смачиваемого ПТФЭ закон Фика можно считать справедливым в предел только некоторой зоны. За пределами этой зоны наблюдается отклонение кинетической кривой от положения, предсказываемого законом Фика. Невыполнение закона Фика для описания процесса диффузии приводит к необходимости использования нелинейных уравнений массопереноса.

Активные среды в объеме композита могут вызвать подвижность макромолекул ПТФЭ, что также негативно сказывается на свойствах композита. Сложность образования кластера углефторопластовой композиции, из-за низкой адгезии ПТФЭ к наполнителям, также не способствует снижению диффузии в объем композита.

В ходе проведенных исследований научно-обосновано и практически подтверждено, что снижения влагопоглощения углефторопластового композита, можно добиться такими технологическими методами:

- снижением открытых поверхностных пор на поверхности заготовки за счет введения второго дисперсного наполнителя, выполняющего роль твердой смазки;
- максимально возможным увеличением адгезионного взаимодействия между наполнителем и матрицей для капсулирования пор УВ;
- рациональной технологией получения углефторопластового композита, обеспечивающей равномерность распределения дисперсных фаз системы и оптимальных режимов для минимизации объемных пор композиции и увеличения адгезии наполнитель-матрица.

СТАБІЛЬНІСТЬ ОЦК-СТРУКТУРИ ВИСОКОЕНТРОПІЙНОГО СПЛАВУ AlTiVCrNbMo

Мисливченко О. М., аспірант; Макаренко О. С., аспірант, НТУУ КПІ, м. Київ;
Харченко Н. А., ст. викладач, СумДУ, м. Суми

Новим перспективним напрямом створення високоміцних, термічно стабільних металевих матеріалів являється розробка багатокомпонентних однофазних високоентропійних сплавів. Багатокомпонентний однофазний твердий розчин заміщення являється більш високоміцним і термодинамічно стійким в порівнянні з багатофазним, оскільки підвищене значення ентропії змішування обумовлює термічну стійкість твердого розчину.

Сплав AlTiVCrNbMo отриманий методом вакуумно-дугового переплаву в атмосфері чистого аргону на мідному поді, що охолоджується проточною водою. Фазовий склад сплаву досліджували в інтервалі температур 20-1200° С на дифрактометрі ДРОН-УМ1 в монохроматичному CuK α випромінюванні з використанням високотемпературної приставки УВД-2000. Згідно з результатами рентгеноструктурного аналізу, фазовий склад сплаву після виплавки має ОЦК структуру, яка зберігається протягом високотемпературного "in-situ" дослідження. Період ґратки в початковому стані складає $a=0.31292$ нм. Після охолодження зразка до кімнатної температури значення періоду ґратки зменшилось до величини $a=0.31249$ нм. Вірогідно, така зміна обумовлена зникненням дефектів і спотворень кристалічної ґратки. Після відпалу при 1200° С протягом 3 г. період ґратки зменшився до $a=0.31239$ нм. При цьому фіксується розщеплення K α дифракційних ліній (рисунок). Наступний відпал при 1200° С протягом 6 годин призвів до несуттєвого збільшення періоду ґратки $a=0.31241$ нм, що в межах похибки експерименту.

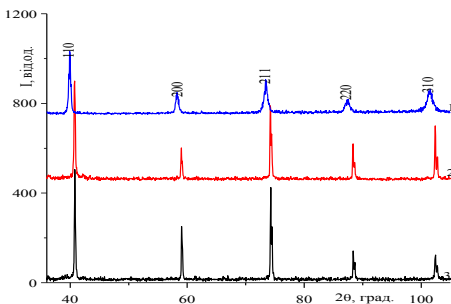


Рисунок – Фрагменти рентгенівських дифрактограм сплаву AlTiVCrNbMo CuK α випромінювання:

- 1 - початковий стан після виплавки;
- 2 - після дослідження за допомогою високотемпературної камери;
- 3 - після відпалу 1200° С, 6 годин.

Приведені дані свідчать про те, що у високоентропійному сплаві AlTiVCrNbMo відсутні фазові перетворення до температури 1200° С, а зміна параметрів ґратки завершується після 3 годин відпалу при 1200° С.

Робота виконана під керівництвом професора Карця М. В.

ХІМІЧНІ НАУКИ

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК НА ПРОЦЕС ЦИНКУВАННЯ

Залевський Р. І., студент; Бортнік О. О., студент; Большаніна С. Б., доцент

Для вивчення впливу органічних домішок на якість цинкового покриття, проводили процес нанесення покриттів з цинкатих електролітів методом електролізу в діапазоні щільності анодного струму до 3 А/дм^2 в присутності органічних добавок – блискоутворюючих добавок ("Grovision bright" та "Colzink") і в присутності домішок машинного масла на прикладі вакуумного масла (ВМ-4). Добавки вводили послідовно збільшуючи їх кількість. Для дослідів використовували електроліти з різними блискоутворюючими добавками і з різним вмістом компонентів: луга і оксиду цинку. Час процесу електролізу для різних серій зразків встановлювали в межах до 20 хв. Якість покриття оцінюють на підставі візуального зовнішнього огляду. Розрахунок товщини покриття проводили відповідно стандартної методики. Результати експерименту представлені на рисунку.

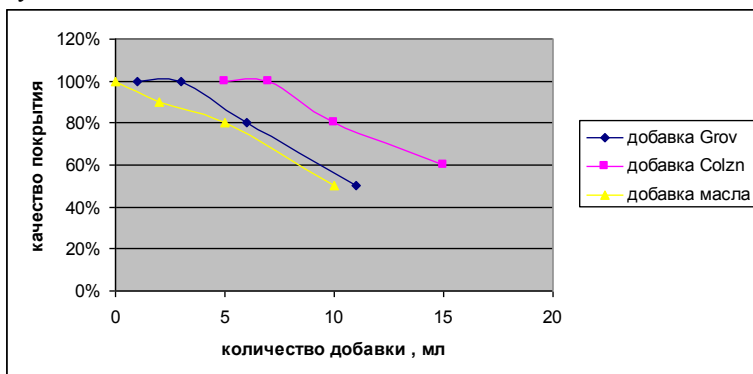


Рисунок - Вплив вмісту різноманітних органічних добавок на якість цинкового покриття

У ході експерименту вдалося з'ясувати вплив органічних добавок типу «Grovision bright» і «Colzink» а також органічних масел на якість покриття при їх передозуванні або ж при накопиченні в складі електроліту при його тривалому використанні. При введенні органічних масел навіть у невеликих кількості 2-5 мл/л спостерігається погіршення поверхні покриття, проявляються рідкісні чорні крапки особливо при невеликій товщині покриття (до 10 мкм). При введенні органічних добавок в електроліт для блискоутворення в кількостях що не перевищують норму до 2 разів істотних порушень не відбувається. При додатковому введенні органічних добавок погіршення спостерігаються при збільшенні добавки для добавки «Grovision bright» в 6 разів, а для «Colzink» при збільшенні більш ніж в 2 рази.

РІВНЯННЯ ЛЕНГМЮРА ТА ФРЕЙНДЛІХА В ДОСЛІДЖЕННЯХ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ ІОНІВ ЦИНКУ

Ревенко Г. О., студент; Сидельнік К. О., студент; Воробйова І. Г., доцент

Потенційно небезпечними є сховища та майданчики для зберігання шламів гальванічного виробництва ряду промислових підприємств м.Суми (АТ Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання ім. Фрунзе, АТ «Насосенергомаш»). Важкі метали, що містяться в цих гальваношламах, потрапляють в ґрунтові води, вимиваються зі стічними водами і потрапляють в природні водні об'єкти. Акумуляція цих сполук в організмі негативно позначається на життєво важливих функціях гідробіонтів. Для вивчення застосування широкого спектру різних місцевих природних мінералів в процесах очищування забруднених іонами Zn^{2+} стоків досліджували глинисті утворення з різних регіонів Сумської області.

Для опису експериментальних даних застосовували рівняння ізотерми Фрейндліха: $A = \beta \varepsilon^{1/n}$, де β і $1/n$ – відповідні емпіричні коефіцієнти, та рівняння Ленгмюра, що описує хід експериментальної ізотерми при всіх можливих значеннях рівноважних концентрацій розчиненої речовини. Для знаходження коефіцієнтів в рівнянні Ленгмюра $\frac{1}{A} = \frac{1}{A_{\max}} + \frac{1}{K \cdot A_{\max}} \cdot \frac{1}{C}$

будували графік залежності $1/A-1/C$ де A_{\max} , K – константи в рівнянні ізотерми, A і C відповідно показник адсорбції (мг/г) і рівноважна концентрація адсорбату в розчині (мг/л). Одержані результати наведені в таблиці.

Таблиця - Аналіз констант в рівняннях Ленгмюра та Фрейндліха

Адсорбент	В координатах Фрейндліха				В координатах Ленгмюра			
	рівняння	1/n	Lgβ	R ²	рівняння	R ²	A _{макс} мг/г	K
Адсорбент 1	y = 0,53x - 1,13	0,53	-1,13	0,75	y= 316,94x+0,08 15	0,82	20,5	2,6 ·10 ⁻⁴
Адсорбент 2	y = 0,66x - 1,8	0,66	-1,8	0,7	y= 820,44x +0,0487	0,95	12,3	5,9 ·10 ⁻⁵

З даних таблиці видно, що одержанні експериментальні данні описуються рівнянням Ленгмюра більш достовірно ніж рівнянням Фрейндліха. Про це свідчить коефіцієнт кореляції R². Незважаючи на те, що рівняння Фрейндліха носить емпіричний характер, але з рівняння Фрейндліха можна прогнозувати енергетичну неоднорідність поверхневих сорбційних центрів. Аналіз коефіцієнтів 1/n в рівняння Фрейндліха (табл.) дає можливість говорити про те, що неоднорідність сорбенту 1 більша. Це приводить до покращення його адсорбційних властивостей за рахунок енергетичної неоднорідності поверхні.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПЛУК ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СКЛАДІ ЕЛЕКТРОЛІТУ "GROVISION " НА ЯКІСТЬ ЦИНКОВОГО ПОКРИТТЯ

Кириченко О. М., зав. лабораторією; Большаніна С. Б., доцент

В процесі нанесення цинкових покриттів з лужних електролітів, на якість покриття значно впливають наявність іонів важких металів наприклад Cr^{+6} , присутніх у вигляді домішок. Попадання іонів хрому в розчин електроліту можливий як через механічне надходження його з оснащенням після пасивіровки, або при попаданні іонів хрому з випаровуванням з відповідних ванн пасивіровки або освітлення. При проведенні досліджень було встановлено залежність якості покриття від вмісту іонів хрому Cr^{+6} в розчині електроліту. Збільшення вмісту Cr^{+6} в розчині призводить до погіршення якості. При цьому виникають пригари, темні плями на поверхні, погіршується блиск і т.д. На рисунку представлені залежності товщини та якості покриття від вмісту в розчині електроліту іонів Cr^{+6} . Як бачимо, дійсно, якість покриття особливо гостро реагує на збільшення вмісту хрому Cr^{+6} при концентрації 4 мг/л Cr^{+6} . Якість погіршується і не перевищує 60% і в подальшому різко падає. При цьому спостерігається різке збільшення виділення водню на катодах під час електролізу, що призводить до перенапруження на катоді і як наслідок зменшення товщини покриття.

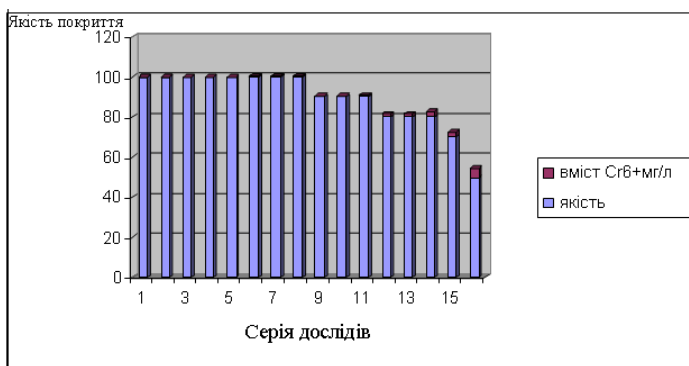


Рисунок. Вплив вмісту іонів Cr^{+6} на якість цинкового покриття

На підставі проведених експериментальних досліджень встановлено негативний вплив сполук, що містять шестивалентний хром на якість покриття. Покриття виходить темна, плямисте, з пригару і не міцно прилягає до поверхні.

Рекомендується не перевищувати вміст сполук хрому Cr^{+6} більш ніж 1 мг / л.

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРОЛИЗА САХАРОЗЫ

Шапаренко А. А., студент; Лебедев С. Ю., доцент

Гидролиз (инверсия) сахарозы – важный процесс, имеющий определяющее значение в сахарной промышленности. Кинетику гидролиза сахарозы удобно изучать поляриметрическим методом. В термостатируемую (температура исследования 17 – 40°C, точность её измерения $\pm 0,05^\circ$) поляриметрическую трубку заливается реакционная смесь, и через определённые промежутки времени измеряется угол вращения плоскости поляризации (не менее 10 замеров). Затем рассчитывается значение константы скорости реакции гидролиза **k**, отвечающее условиям эксперимента. Методика расчёта константы скорости реакции представлена на рисунке. Строится график в координатах $\ln C - t$. С учётом того, что исследуемая реакция первого порядка, зависимость описывается прямой. Находится уравнение этой прямой. Коэффициент перед t , в данном случае 0,0228, равен константе скорости реакции k . Её размерность определяется размерностью времени (мин^{-1}).

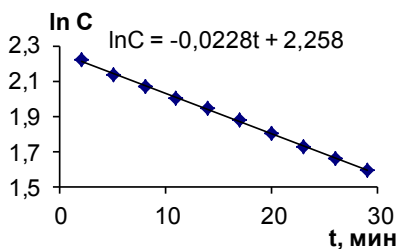


Рисунок - Кинетическая кривая гидролиза сахарозы при 18°C в присутствии серной кислоты ($C=2,314M$)

При одних и тех же условиях необходимо проводить 2 – 3 параллельных эксперимента. В качестве катализатора процесса используют минеральные кислоты (в нашем случае серная, соляная, бромоводородная и азотная кислоты) с заранее установленной концентрацией C (диапазон изменения концентрации кислот 0,5 – 3 моль/л). Концентрации кислот находили титрованием по соде в присутствии метилоранжа. Используемые в каждом отдельном эксперименте кислоты готовили разбавлением исходных растворов.

Полученный массив значений констант скоростей для каждого катализатора (50 – 60 точек) обрабатывали для нахождения зависимости константы скорости от температуры и концентрации кислоты.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ КИНЕТИКИ ГИДРОЛИЗА САХАРОЗЫ

Шапаренко А. А., студент; Лебедев С. Ю., доцент

Теория активированного комплекса описывает константу скорости реакции k теоретическим уравнением:

$$k = \chi \frac{kT}{h} \exp(-\Delta H_a/RT) \exp(\Delta S_a/R),$$

где k и h – постоянные Больцмана и Планка; ΔH_a и ΔS_a – энтальпия и энтропия активации реакции; $\Delta H_a = E_a - RT$, E_a – энергия активации реакции, рассчитываемая из результатов эксперимента, χ – трансмиссионный коэффициент, учитывающий вероятность того, что система, достигнув переходного состояния, пройдет через него в направлении образования продуктов реакции. Теоретического метода расчёта этого коэффициента нет, но для большинства химических реакций его принимают равным единице.

В окончательном виде имеем

$$k = \chi e \frac{kT}{h} \exp(-E_a/RT) \exp(\Delta S_a/R).$$

Значение выражения $e \frac{kT}{h} = 3,401 \cdot 10^{12} \text{ К}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$.

Расчёт энтропии активации часто невозможен. Мы обратили внимание на сильную зависимость константы скорости реакции от концентрации кислоты-катализатора. Наблюдаемая зависимость по нашему мнению объясняется тем, что как раз концентрация кислоты и является мерой энтропии активации, что связано с механизмом реакции гидролиза.

Обработка массивов данных (50 - 60 точек) по всем используемым кислотам привела к таким результатам:

$$\begin{aligned} k &= 9,861 \cdot 10^{11} \cdot T \cdot \exp(-11556,5/T) \cdot \exp(1,057 \cdot C) \text{ (соляная кислота),} \\ k &= 4,280 \cdot 10^{12} \cdot T \cdot \exp(-12008,3/T) \cdot \exp(1,053 \cdot C) \text{ (азотная кислота),} \\ k &= 3,476 \cdot 10^{12} \cdot T \cdot \exp(-11939,1/T) \cdot \exp(1,136 \cdot C) \text{ (серная кислота),} \\ k &= 5,764 \cdot 10^{11} \cdot T \cdot \exp(-11418,8/T) \cdot \exp(1,189 \cdot C) \text{ (бромоводородная} \\ &\text{кислота).} \end{aligned}$$

Видно, что численное значение коэффициента перед экспонентами достаточно хорошо совпадает с теоретическим значением для азотной и серной кислот. Некоторое его отличие от теоретического для соляной и бромоводородной кислот, по-видимому, связано с отклонением трансмиссионного коэффициента от единицы.

Расчитанные из полученных уравнений значения энтропии активации исследуемой реакции лежит в пределах 5 – 30 Дж/мольК, что хорошо согласуется с имеющимися в литературе представлениями о значениях энтропий активации химических реакций.

АДСОРБЦІЯ ІОНІВ ЦИНКУ НА ГЛИНИСТИХ СОРЕБЕНТАХ

Лего К. В., студент; Шуник Ю. М., студент; Марченко Л. І., доцент

З метою оцінки ефективності використання місцевих глинистих мінералів в технологіях очищення стоків, а також можливого використання їх в якості техногенних геохімічних бар'єрів для створення екрану в основі шламосховища, досліджували адсорбцію іонів цинку на глинистих мінералах Сумщини. Попередніми дослідженнями було встановлено, що до складу адсорбенту 1 входять в більшій мірі ніж у адсорбента 2 мінерали смектитової групи (монтморилоніт).

Процес адсорбції досліджували в умовах ідеального перемішування при сталій температурі. Для вивчення процесів адсорбції використовували модельний розчин приготовлений з цинк сульфату (по ГОСТ 8723-82) $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ в розведеннях, що відповідало вмісту іонів Zn^{2+} відповідно (моль-екв/л): 0,545; 0,27; 0,11; 0,05. Наважки адсорбентів масою 3 г перемішували з 30 мл модельного розчину протягом 10 хвилин. Визначення вмісту цинк іонів проводили за однакових температурних умов (20 °С) методом комплексонометричного титрування.

Показник адсорбції розраховували за формулою:
$$A = \frac{(C_0 - C) \cdot V \cdot m_{еквZn^{2+}} \cdot 1000}{m_{адсорбента}}$$

де C_0 – вихідна концентрація адсорбату в моль-екв/л, C – рівноважна концентрація адсорбату в моль-екв/л, V – об'єм розчину адсорбату в л; $m_{еквZn^{2+}}$ – маса еквівалентна Zn ; m – маса адсорбенту в г, A – показник адсорбції, мг/г. Одержані результати наведені в таблиці.

Таблиця - Порівняльна характеристика показників адсорбції іонів Zn^{2+} на адсорбентах різної природи

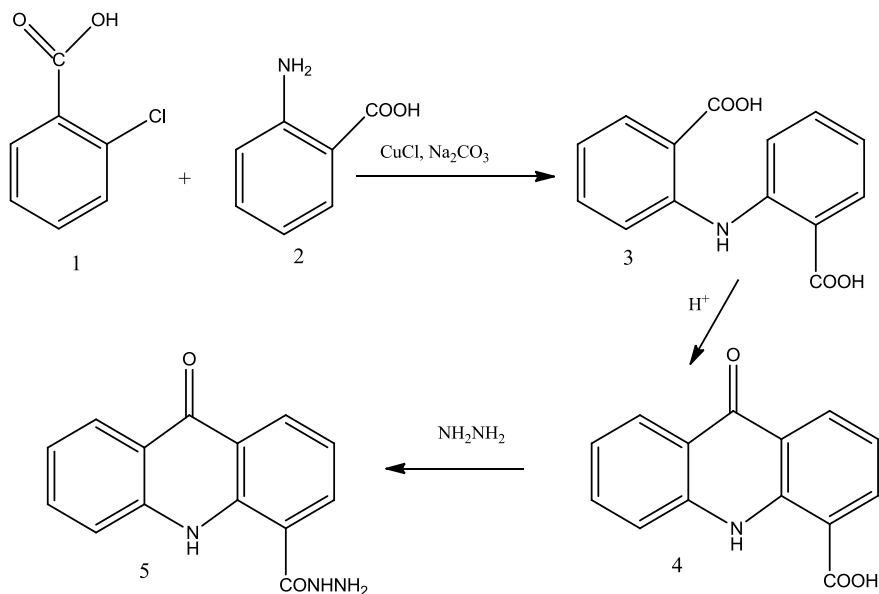
Адсорбент 1			Адсорбент 2	
$C_0 Zn^{2+}$ моль/л	C рівноважна (Zn^{2+}), моль/л	Показник адсорбції A , мг/г	C рівноважна (Zn^{2+}), моль/л	Показник адсорбції A , мг/г
0,545	0,515	9,81	0,525	6,54
0,27	0,23	13,08	0,235	11,445
0,11	0,0975	4,0875	0,1	3,27
0,05	0,04	3,27	0,045	1,635

Таким чином, адсорбція іонів цинку на зразках глин різної мінеральної складової довів, що на процеси адсорбції іонів цинку на глинистих сорбентах впливає мінеральна складова мінералів. При наявності к складі глин смектитових мінералів процес адсорбції іонів цинку покращується.

СИНТЕЗ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ 4-КАРБОКСИ-АКРИДОНА-9

*Лепина И. М., студентка; Лях Е. Г., студент; Миронович Л. М., профессор,
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия*

Производные акридина хорошо известны как фармацевтические препараты. Среди них особое место занимают разнообразные производные акридонов. Например, циклоферон подавляет развитие ряда микробов и обладает антивирусными и иммуномоделирующими свойствами; риванол – эффективный антисептик. Поэтому получение разнообразных производных ряда акридона является перспективным.



Взаимодействием о-хлорбензойной кислоты (1) с о-аминобензойной кислотой (2) в водной среде в присутствии карбоната натрия и хлорида меди (1) при нагревании в течение 5 ч выделена (о-карбоксифенил)антраниловая кислота (3). Конденсацией соединения 3 в концентрированной серной кислоте получен 4-карбоксиакридон-9 (4). Нуклеофильное замещение гидроксильной группы на гидразиновою проводили в 2-пропанол при кипячении гидразингидратом и получили гидразид(акрид-9-он-4-ил)карбоновой кислоты (5).

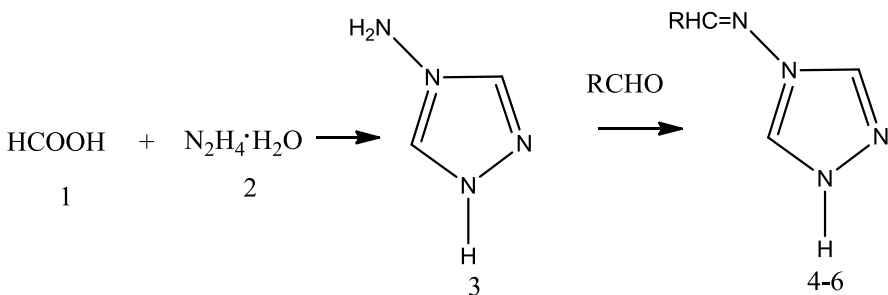
Строение соединений установлено совокупностью данных элементного анализа, УФ-, ИК-спектроскопии.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ 4-АМИНО-1,2,4-ТРИАЗОЛА

*Геер А. А., студент; Миронович Л. М., профессор,
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия*

Производные 1,2,4-триазола представляют интерес широкому кругу исследователей, вследствие значительной биологической активности. Среди их производных найдены соединения, обладающие противобактериальной, нейрорегуляторной активностями; соединения на их основе применяют для лечения центральной нервной системы, в качестве противоопухолевых средств. Кроме того в ряду 1,2,4-триазолов найдены промышленно применяемые гербициды, стабилизаторы, полупродукты для получения клеевых композиций и пластификаторов и др. Ранее нами получены производные [1,2,4]триазоло[4,5-b][1,2,4]триазина, используя для построения триазиновое кольцо. В продолжение работы нами синтезирован 4-амино-1,2,4-триазол и исследована реакционная способность его по аминогруппе.

4-Амино-1,2,4-триазол (3) получали взаимодействием муравьиной кислоты (1) с 85 % гидразингидратом (2). Реакцию проводили с повышением температуры от 117°C до 200°C (масляная баня) и непрерывной отгонкой избытка гидразина. Выделили белое кристаллическое соединение с т.пл. 80-81°C.



Наличие аминогруппы в соединении 3 позволяет проводить реакции с альдегидами с получением альдиминов. Так, при кипячении соединения 3 с альдегидами (бензальдегидом, фурфуролом, пропаналем) в спиртовой среде, выделены с хорошими выходами (78-89%) 4-R-метилен-1,2,4-триазолы (4-6). Синтезированные соединения представляют собой кристаллические соединения растворимые в большинстве органических растворителях.

Структура синтезированных соединений установлена по совокупности данных элементного анализа, УФ- и ИК-спектроскопии.

МОДИФІКОВАНІ КРОХМАЛІ

Голик В. С., студент; Лютенко І. М., студент; Лицман Ю. В., доцент

Крохмаль є структурно гетерогенним біополімером, який складається з α -D-(1 \rightarrow 4)-сполучених глюканів: амілози та амілопектину. В амілопектині, на відміну від амілози, присутні додаткові α - (1 \rightarrow 6)- глікозидні зв'язки у точках розгалуження.

Крохмаль має унікальні властивості, до яких можна віднести: щорічну відновлюваність і невичерпність сировини для його виробництва, легкість змінювання і набування нових корисних властивостей за рахунок різних видів обробки, здатність підлягати багатьом видам перетворень, відомим для низькомолекулярних сполук, можливість створення на основі крохмалю або у поєднанні з синтетичними полімерами нових матеріалів, що здатні розкладатися у природних умовах під дією мікроорганізмів, УФ – випромінювання, світла, сонячної радіації та інших природних чинників на складові, які є нешкідливими для навколишнього середовища, нетоксичність і зручність роботи з ним, як з полімером.

Крохмалі, властивості яких цілеспрямовано змінено внаслідок фізичної, хімічної, біохімічної або комбінованої обробки, називають модифікованими. За характером змін модифіковані крохмалі поділяють на розщеплені, під час обробки яких основним є розщеплення полісахаридних ланцюгів, та заміщені, які в результаті обробки набувають нові функціональні групи та зв'язки.

Для отримання модифікованих крохмалів використовуються такі види хімічної обробки:

естерифікація оцтовим або янтарним ангідридами, сумішшю ангідридів оцтової та адипінової кислот, фосфорилхлоридом з утворенням складних ефірів;

о - алкілування пропіленоксидом з утворенням простих ефірів; кислотна модифікація хлоридною та сульфатною кислотами з утворенням гідролізованих продуктів;

відбілювання гідроген пероксидом, калій перманганатом; окиснення натрій гіпохлоритом.

Модифіковані крохмалі використовують у виробництві паперу в якості зв'язувального та для поверхневого проклеювання паперу; у текстильній промисловості для шліхтування ниток, волокон, пряжі, в якості загусника барвників тканин, апретування текстильних матеріалів; у харчовій промисловості в якості загусника, емульгатора, стабілізатора; для виготовлення полімерів, які підлягають біодеструкції тощо.

Отже, модифіковані крохмалі набувають все більшого використання у різних галузях промисловості, постійно ведеться синтез нових похідних крохмалю.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСЖИРОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Бахрамова Нафиса, студентка; Дыченко Т. В., ст. преподаватель

Для придания более стабильного состояния, через растительное масло (например, хлопковое) пропускаются пузырьки водорода, что увеличивает срок хранения и самого масла, и продуктов, производимых на его основе. В процессе такой обработке в масле происходят химические реакции и образуются транс – жиры. Не смотря на то, что они присутствуют в небольшом количестве и в натуральной пище, в обработанном масле их в десятки раз больше.

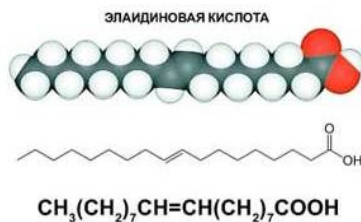
Согласно последним научным данным, употребление транс – жиров приводит к нарушению метаболизма, отрицательно влияет на обменные процессы жиров в организме, что приводит к изменению обмена инсулина и ожирению. Кроме того, исследования Harvard School of Public Health показывают, что употребление даже небольшого количества транс – жиров (2% от общего потребления) довольно быстро приводит к развитию ишемической болезни сердца.

Маргарин был первым продуктом, полученным на основе технологии пропускания водорода (гидрогенизации), благодаря чему жидкое растительное масло становится твердым. Производить его начала компания Procter and Gamble в 1911 году.

Как упоминалось, маргарин содержит большое количество транс – жиров: мягкий маргарин – 0,1 – 17 %, маргарин для выпечки – 20-40%, спред – 1,5-6%. Кроме того, всегда действует правило – чем тверже маргарин, тем больше в нем транс – жиров и наоборот.

Учитывая исследования о вреде транс – жиров в количестве 2% от дневной калорийности, что доза больше 4 г таких жиров в сутки опасна для здоровья. В пересчете на маргарин это примерно 8-10 граммов – столовая ложка.

Но помните, что пищевые технологии не стоят на месте, и то, что продается под названием «масло» вполне может содержать большое количество гидрогенизированного жира и являться, по сути, маргарином.



ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛІВОК ОКСИДУ ЦИНКУ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ З ВОДНОГО РОЗЧИНУ

*Мешиков А. М., студент; Бересток Т. О., аспірант;
Манжос О. П., доцент*

Останнім часом напівпровідниковий матеріал групи A_2B_6 оксид цинку привертає увагу дослідників завдяки його високій хімічній, термічній стабільності, унікальним оптичним і електрофізичним властивостям та можливості реалізації на його основі ефективних приладів геліоенергетики, опто- та мікроелектроніки, сонячної промисловості і т.д. Крім того, завдяки досить великій ширині забороненої зони ($E_g = 3,37$ eV), плівки оксиду цинку ефективно поглинають ультрафіолетове випромінювання (УФ), тому являються ідеальним матеріалом для створення захисних покриттів від дії УФ. Також, тонкі шари ZnO широко використовуються як віконні та антивідбиваючі шари сонячних елементів.

Існує велика кількість методів отримання плівок ZnO. Але одним з найбільш перспективним є хімічне осадження з водного розчину, яке, в порівнянні з іншими методами, є більш простим, економічним та не потребує підтримання під час осадження високої температури, тиску, тощо.

Метою дослідження є вибір найбільш оптимальної методики отримання плівок оксиду цинку шляхом хімічного осадження з водного розчину, отримання плівок сполуки цим методом та дослідження їх властивостей.

Отримання плівок ZnO проводилося шляхом хімічного осадження з розчину нітрату цинку ($ZnNO_3$) та гексаметилентетраміну ($C_6H_{12}N_4$). Температура хімічного реактору підтримувалась на рівні $90^{\circ}C$. Тривалість осадження варіювалась у діапазоні від 60 до 180 хв. Осадження проводилось на попередньо очищені скляні підкладки.

Як показали подальші рентгендифрактометричні дослідження, отримані конденсати відповідали сполуці оксиду цинку. Проведені дослідження дозволили визначити залежність основних структурних параметрів плівок ZnO, таких як текстура, період кристалічної ґратки, розмір кристалітів та областей когерентного розсіювання від фізико-хімічних умов нанесення зразків. В результаті досліджень встановлено, що плівки мали структуру, яка відповідала вюрцитній фазі ZnO.

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

ВЫЧИСЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Марцинковский В. А., профессор; Левченко Е. В., магистрант

Современные центробежные насосы, характеризуются многообразием рабочих параметров: от мини насосов в аппаратах «искусственное сердце» до питательных турбонасосов с подачей $1500 \text{ м}^3/\text{час}$, давлением нагнетания 35 МПа и потребляемой мощностью более 17 МВт (насос ПТН 1500-350). Частоты вращения роторов турбонасосных агрегатов ракетных двигателей превышают 200 000 об/мин.

Основным показателем технического уровня центробежных машин, особенно высоконапорных быстроходных, является их вибрационное состояние, а главный источник вибраций – неуравновешенный ротор. Ротор многоступенчатого центробежного насоса вращается в щелевых уплотнениях, которые представляют собой короткий кольцевой канал с радиальным зазором $0,15 - 0,3 \text{ мм}$.

Важной особенностью щелевых уплотнений является то, что их динамические характеристики, прежде всего гидростатическая жесткость, зависят от дросселируемого перепада давления, который, в свою очередь, пропорционален квадрату частоты вращения. Если собственная частота S_1 ротора на жестких опорах – постоянная величина (рисунок, прямая 1), то для ротора в щелевых уплотнениях собственная частота может увеличиваться или уменьшаться с ростом частоты вращения, в зависимости от геометрических параметров уплотнений (рисунок, кривые 2-4).

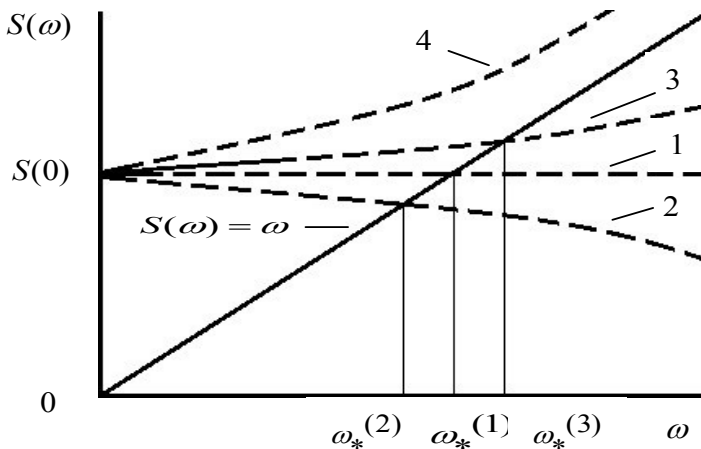


Рисунок – К определению критической частоты вращения ротора

Вычисление собственных частот сводится к отысканию корней приведенных ниже уравнений

$$\begin{aligned} (a_1 \lambda^2 + a_2 \lambda + a_3)^2 &= -(a_4 \lambda + a_5)^2 \\ a_1 \lambda^2 + (a_2 \mp ia_4) \lambda + a_3 \mp ia_5 &= 0 \end{aligned}$$

Корни – две пары комплексных сопряженных чисел. Положительные мнимые части представляют собственные частоты прямой прецессии, отрицательные – обратной прецессии. Для роторов с однонаправленным вращением обратная прецессия практического интереса не представляет, поэтому в дальнейшем рассматриваются только две положительные собственные частоты.

Для случая, когда дросселируемый перепад давления не зависит от частоты вращения, результаты расчета, безразмерных ($\bar{s}_{1,2} = s_{1,2}/a_{30}$, $\bar{\omega} = \omega/a_{30}$) положительных собственных частот показаны на рис. 4. Из них следует, что основное влияние на собственные частоты оказывают перепад давления и параметр конусности.

Увеличение перепада от 13,3 до 45 МПа почти в два раза увеличивает собственные частоты, а в конфузорных уплотнениях ($\theta = 0,3$) собственные частоты примерно в пять раз больше, чем в диффузорных ($\theta = -0,3$). В то же время десятикратное увеличение номинальной частоты вращения практически не влияет на собственные частоты.

В случае независимости перепада от частоты вращения собственные частоты и критические частоты вращения с достаточной для практики точностью можно определять по суммарному коэффициенту жесткости a_3 и инерционному коэффициенту a_1 .

Приведенный анализ показывает, что собственные и критические частоты ротора в щелевых уплотнениях определяются, прежде всего, гидростатической жесткостью уплотнений. Последняя, в свою очередь, существенно зависит от формы дросселирующего кольцевого канала: конфузорность многократно увеличивает жесткость особенно при сравнительно больших дросселируемых давлениях.

Частотные диаграммы, т.е. зависимости собственных частот от частоты вращения, для уплотнений без конусности и для конфузорных уплотнений близки к горизонтальным прямым. С ростом частоты вращения различие между собственными частотами в диффузорных уплотнениях возрастает.

Таким образом, конструктор получает возможность на стадии проектирования машины целенаправленно выбирать параметры ротора и уплотнений, обеспечивающие требуемую отстройку от резонансов.

АНАЛИЗ СОВМЕСТНЫХ РАДИАЛЬНО – ОСЕВЫХ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С СИСТЕМОЙ АВТОЗАГРУЗКИ

Мазуренко И. В., студентка

Проблема динамики роторов высоконапорных центробежных роторов очень актуальна в наше время, особенно когда речь идет о взаимосвязи осевых и радиальных колебаний ротора. Осевые силы, действующие на ротор насоса, могут достигать десятков тонн, поэтому необходимо уравновешивание этих сил. Оно достигается с помощью автоматических устройств. 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 при отсутствии угловых колебаний определяется величиной торцового зазора, то есть осевыми колебаниями ротора. С этого видна зависимость между осевыми и радиальными колебаниями ротора. Так как узел автоматической загрузки высоконагруженный, необходимым является тщательный анализ динамических процессов для обеспечения его надежной работы.

Первым шагом в работе является анализ осевых колебаний. Для проведения полного анализа колебаний был выполнен статический расчет автоматического устройства, в результате которого получили статические характеристики для ламинарных и турбулентных режимов течения жидкости. Графики показывают, насколько большое влияние имеет эксцентриситет на ламинарных режимах течения. Был выполнен подробный анализ осевых колебаний ротора, в результате которого получили дифференциальные уравнения колебаний для ламинарного и турбулентного режимов течения жидкости. Так же оценили устойчивость колебаний с помощью критерия Гурвица.

Вторым шагом данной работы является анализ радиально-осевых колебаний ротора центробежного насоса. В эту часть работы входит вывод самих совместных колебаний, а также получение амплитудных и фазовых частотных характеристик.

Для вывода уравнения использовали ранее полученные уравнения осевых колебаний для ламинарного и турбулентного режимов течения жидкости. Для упрощения решения было предположено, что рассматривается осесимметричная модель ротора, для которой все радиальные направления равноценны. Получили уравнения операторов системы ротор - уравновешивающее устройство, которые учитывают совместность радиальных и осевых колебаний. Анализ динамики системы ограничился вынужденными колебаниями ротора. С помощью критерия Рауса – Гурвица

для полиномов с комплексными коэффициентами исследовали устойчивость данной системы.

Для построения амплитудных и фазовых частотных характеристик использовали ранее полученные уравнения операторов, которые характеризуют совместные радиально - осевые колебания. Также учитывается начальный эксцентриситет ротора и смещение центра диска. Как результат этого этапа выполнения работы были построены амплитудные характеристики радиальных и осевых колебаний, возбуждаемые гармоническими колебаниями давления нагнетания, а также возбуждаемые силой инерции неуравновешенной массы. Из анализа характеристик можно предположить, что увеличение давления нагнетания несколько увеличивает критические частоты системы. Вторые критические частоты практически не появляются.

В заключение можно сделать ряд выводов.

Осевые и радиальные гидродинамические силы, возникающие в дросселирующих зазорах уравнивающего устройства, взаимосвязаны. Системы автоматической разгрузки выполняют одновременно функции бесконтактного саморегулируемого концевого уплотнения и радиально-упорного гидростатического подшипника.

Данная простая модель ротора с системой уравнивания позволяет оценить критические частоты вращения ротора и амплитуды его вынужденных колебаний.

Существенное влияние на критические и амплитудные частоты имеет конусность кольцевого канала: конфузорность повышает критические частоты и снижает резонансные амплитуды, а диффузорность оказывает обратный эффект. Поэтому во время проектирования нужно обеспечивать достаточную жесткость элементов конструкции, чтобы избежать конфузорности каналов из-за возможных силовых и температурных деформаций.

На частотах вращения, совпадающих с какой-либо собственной частотой, резонансные амплитуды этих колебаний могут превышать допустимые пределы, поэтому определение критических частот вращения и отстроя от них имеет важное практическое значение.

Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В. А.

ДИНАМИКА СИСТЕМЫ ОСЕВОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ РОТОРА ТУРБОКОМПРЕССОРА

Хализева А. Г., студентка

Для уравнивания осевых сил, действующих на ротор центробежного компрессора или насоса, часто используются разгрузочные поршни. Они не обеспечивают стабильного осевого положения ротора, поэтому требуется установка дополнительных двусторонних упорных подшипников. Для предотвращения или уменьшения вытоков перекачиваемой среды в атмосферу в полость за разгрузочным поршнем подается запирающая или буферная жидкость. Ее протечки ограничиваются концевыми уплотнениями: щелевыми, уплотнениями с плавающими кольцами, или механическими торцовыми уплотнениями. Наличие упорных подшипников и сложной системы концевых масляных уплотнений приводит к тому, что система осевого уравнивания ротора является сложной, неэкономичной и недостаточно надежной. Уравнивание таких сил, действующих на быстро вращающийся ротор, представляет собой сложную и ответственную инженерную задачу.

Рассмотренная система уравнивания осевых сил, действующих на ротор центробежного компрессора, выполненная в виде гидропаты с подводом затворной жидкости, объединяет в себе функции осевой бесконтактной опоры и концевое уплотнения. В результате упрощается конструкция, повышается экономичность и надежность по сравнению с системами, в которых используется разгрузочный поршень. К основным достоинствам конструкции по сравнению с традиционными аналогами можно отнести: упрощение системы уравнивания и соответственно повышение ее надежности за счет устранения затворного концевое уплотнения; отсутствие протечек запирающей жидкости в газовую полость; увеличение надежности за счет того, что торцовая пара подушка-диск работает на охлажденной вязкой запирающей жидкости.

Выведенное уравнение динамики дает возможность вычислить собственные частоты осевых колебаний ротора, определить границы динамической устойчивости по основным геометрическим и режимным параметрам, построить частотные характеристики – реакции системы на заданные внешние воздействия. Приведенный анализ является лишь первым шагом. Необходимо провести расчет для турбулентных режимов течения в дресселирующих каналах с учетом инерционных сопротивлений, рассмотреть систему с регулируемым отбором из камеры после паты в деазратор, исследовать совместные радиально-осевые колебания ротора.

Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В. А.

РАСЧЕТ РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С СИСТЕМОЙ АВТОРАЗГРУЗКИ ОСЕВЫХ СИЛ

Сагалаева И. А., студентка

Осевые силы, действующие на роторы многоступенчатых высокооборотных насосов, измеряются десятками тонн, а их уравновешивание чаще всего осуществляется с помощью автоматических устройств. Их называют так же автоматами разгрузки, системами авторазгрузки, гидропятами. На них дросселируется почти полный напор насоса, потому они способны выполнять функции тяжело нагруженных радиально-упорных гидростатических подшипников. Основными элементами автоматов разгрузки (рисунок) являются цилиндрический I и торцовый II дроссели, разделенные камерой III. Давление p_2 в камере действует на разгрузочный диск 3 и создает уравновешивающую силу. Давление в камере зависит от гидравлических проводимостей цилиндрических и торцовых дросселей. В свою очередь, проводимость цилиндрического дросселя с постоянным средним радиальным зазором зависит от эксцентриситета, т.е. от радиальных смещений ротора относительно соосного положения, от его радиальных колебаний.

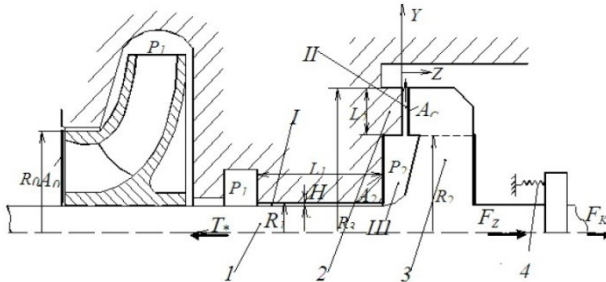


Рисунок – Расчетная схема системы авторазгрузки ротора

В цилиндрическом дросселе возникают гидродинамические радиальные силы, которые определяют характер радиальных колебаний ротора. Одна из этих сил – сила гидростатической жесткости, – пропорциональна дросселируемому перепаду давления $\Delta p_1 = p_1 - p_2$, т.е. прямо зависит от давления p_2 в камере, а значит и от осевых колебаний.

Уравнения совместных радиально-осевых колебаний в операторной форме можно представить в виде:

$$D_{zz}(p)u_z + d_{zr}|u_r| = \Phi_z, \quad D_{rz}(p)u_z + D_{rr}(p)|u_r| = \Phi_r.$$

Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В. А.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАПІРНО-ВРІВНОВАЖУВАЛЬНОГО ПРИБОРУ БАГАТОСТУПІНЧАСТИХ ВІДЦЕНТРОВИХ МАШИН ДЛЯ ТУРБУЛЕНТНОГО РЕЖИМУ РУХУ СЕРЕДОВИЩА

Павленко І. В., асистент

Для врівноважування осьових сил, що діють на ротор багатоступінчатих відцентрових машин, застосовуються як розвантажувальні поршні так і автоматичні системи осьового врівноваження. При застосуванні розвантажувального поршня витoki робочої рідини обмежуються різними типами кінцевих ущільнень, наявність яких разом з упорними підшипниками призводять до ускладнення системи осьового врівноваження ротора, зменшення її надійності і зниження економічності.

Запропоновано використання принципово нової конструкції автоматичної системи осьового врівноваження – запірно-врівноважувального пристрою ротора відцентрового насоса і компресора. Цей пристрій працює подібно радіально-упорному гідростатичному підшипнику з високим граничним навантаженням і, одночасно з цим, як безконтактне ущільнення з саморегульованим зазором і витратами. Задля забезпечення незмінної різниці тиску запірного і робочого середовищ використовується регулятор перепаду тиску.

У роботі на прикладі насоса ПЭ 600-300 і компресора К 180-131 наведені методики статичного і динамічного розрахунків автоматичної системи осьового врівноваження ротора з системою подачі запірного середовища, на основі створеної нелінійної математичної моделі, яка описує рівняння осьового руху ротора і баланс витрат через елементи гідравлічного тракту.

Порівняння результатів статичного і динамічного розрахунків запірно-врівноважувального пристрою, отриманих за двома методиками, що враховують турбулентний і ламінарний режими руху рідини, свідчить про кількісне співпадіння (з достатньою для проектних розрахунків точністю) статичних характеристик, а також якісне співпадіння амплітудних частотних, фазових частотних і перехідних характеристик. Однак, існують відмінності у резонансних частотах і амплітудах та величинах перерегулювання перехідних характеристик. Існуючі спрощені методики розрахунку дають завищені порівняно з уточненими значення резонансних частот коливань ротора і занижені значення резонансних амплітуд.

Запірно-врівноважувальний пристрій ротора відцентрового насоса статично і динамічно стійкий за умови непроникнення робочого середовища у камеру розвантажувального диска, що розширює діапазон зміни параметрів порівняно з системами осьового врівноваження традиційного виконання.

Отримані результати можуть бути застосовані для уточненого проектного і перевірконого розрахунків запірно-врівноважувальних пристроїв багатоступінчатих відцентрових машин високих подач і тисків.

ДВУХДРОССЕЛЬНОЕ УРАВНОВЕШИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО СО СВЯЗАННЫМИ ТОРЦОВЫМИ ДРОССЕЛЯМИ

*Лукьяненко Т. И., магистрант; Лукьяненко Е. А., студент;
Калиниченко П. М., доцент*

Приведено решение задачи по определению влияния на характеристики узла осевой разгрузки ротора насоса установлением жесткой связи между торцовыми дросселями – торцевыми зазорами, изменяющимися с изменением режима работы. Полезность решения задачи приведена ниже. Обеспечивая для $Q=Q_1$ значения рабочих зазоров $\Delta_{1н}$ и $\Delta_{2н}$ с помощью формулы $\Phi(Q, \Delta_1, \Delta_2, r_{д1}, \dots, r_{д4}) = 0$ определяется наружный радиус разгрузочного диска $r_{д4}$. По полученной зависимости $q = q(\Delta_1, \Delta_2, r_{д1}, \dots, r_{д4})$ находятся зависимости $F_{ст}(\Delta_2)$ и $q(\Delta_2)$ представленные статическую и расходную характеристики узла разгрузки. Статическая и расходная характеристики предложенного узла разгрузки и гидропята, выполненные на базе насоса ПЭ 600-300 представлены на рисунке.

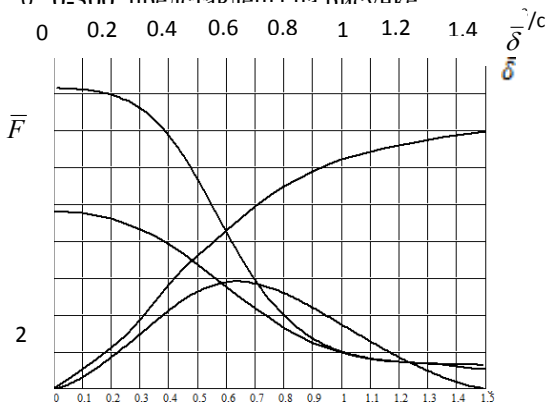


Рисунок – Статическая и расходная характеристики ($\bar{F}_{дн}$ - со связанными дросселями, $\bar{F}_{дп}$ - гидропята)

Результаты сравнительных исследований, по полученным характеристикам, для номинального режима работы насоса приведены в таблице.

По результатам исследований, предложенный узел разгрузки по жесткости статической характеристики и протечкам, на номинальном режиме работы, имеет заметно улучшенные показатели: протечки уменьшились, а жесткость увеличилась. Увеличение жесткости обеспечивает большую надежность узла разгрузки, а снижение протечек приводит к

увеличению объемного, а значит и полного к.п.д. насоса.

Таблица – Результаты сравнительных исследований

Насос ПЭ-600-300	Жёсткость, $\bar{C}_{дн}$	Протечки, $q \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{с}$
Гидропята	0,28	5,2
Узел разгрузки со связанными торцовыми дросселями	0,4	1,8

ДВУХСТУПЕНЧАТЫЕ И ДВУХПОТОЧНЫЕ РАЗГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

*Лукьяненко Т. И., магистрант; Лукьяненко Е. А., студент;
Калиниченко П. М., доцент*

Узел осевой разгрузки ротора многоступенчатого центробежного насоса является сильно нагруженный с объемными потерями, которые уносят до 10% мощности насоса. Для снижения удельной нагрузки, а следовательно увеличения надежности машины и уменьшения объемных потерь выполнены исследования связанные с переходом к двухступенчатым и двухпоточным разгрузочным устройствам, результаты которых и составляют содержание данной работы.

В двухступенчатых разгрузочных устройствах диск гидропаты заменяется двумя последовательно расположенными дисками с последовательно соединенными полостями. Положительным является снижение удельной нагрузки на диск и уменьшение протечек из-за увеличения сопротивления проточного тракта узла разгрузки. Статическая характеристика остается практически неизменной из-за неизменности суммарной эффективной площади дисков.

Двухпоточные разгрузочные устройства состоят из двух автономных уравновешивающих устройств, выполненных по двухдроссельной схеме. Следуя предыдущим работам, по совершенствованию узла осевой разгрузки ротора насоса, для увеличения жесткости статической характеристики положительно сказывается - увеличение радиуса диска пята, приводящее к увеличению эффективной площади диска. Увеличение радиуса диска r_d , следуя литературным источникам, приводит к увеличению зазора торцевой пары пята $\Delta=(0,001\div 0,0012) r_d$, а следовательно увеличению расхода. Переход к двухпоточной схеме при условии сохранения эффективной площади дисков позволит при неизменной статической характеристике снизить протечки через узел разгрузки из-за уменьшения зазора торцевой пары Δ при уменьшении радиуса диска r_d , или заметно увеличить жесткость статической характеристики из-за увеличения эффективной площади дисков при некотором увеличении протечек.

Результаты сравнительных исследований двухпоточного разгрузочного устройства и гидропаты по статической и расходной характеристикам приведены на рисунке.

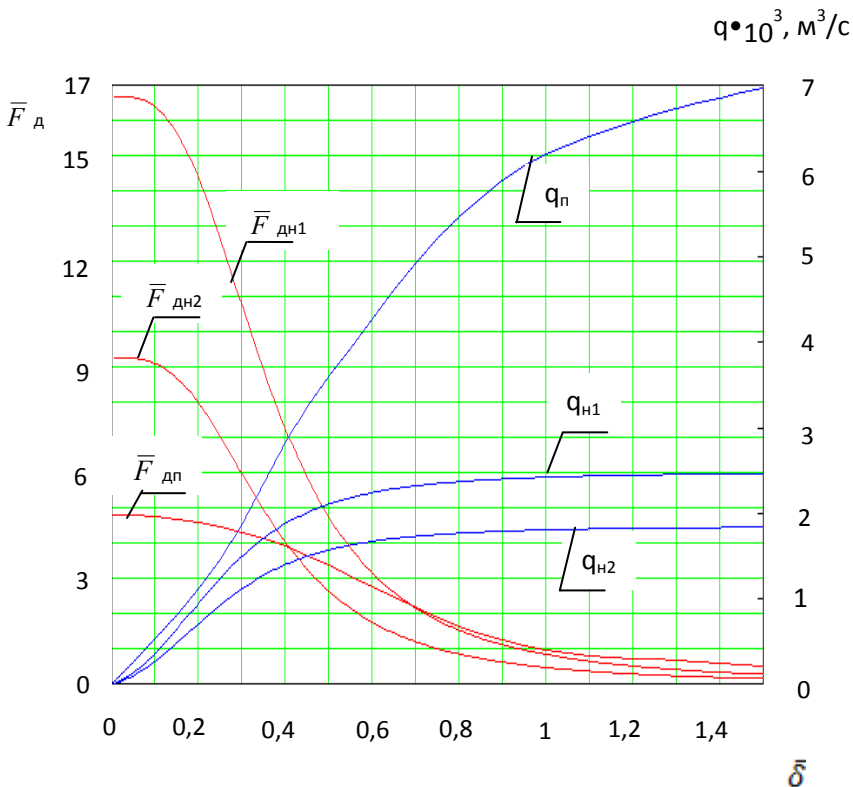


Рисунок – Результаты исследований двухпоточного разгрузочного устройства (индекс “н”) и гидропакта (индекс “п”)

Предложенные разгрузочные устройства могут быть эффективными при уравнивании большой осевой силы составляющей десятки тонн или осевой силы при ограниченном радиальном габарите (скважинные насосы).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ САМОУСТАНАВЛИВАЮЩЕГОСЯ КОЛЬЦА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ

Орел О. В., студентка; Калиниченко П. М., доцент

Применение гидростатического уплотнения в системе осевой разгрузки ротора центробежного насоса позволяет заметно снизить потери энергии, а следовательно повысить КПД насоса, по расчетным балансовым исследованиям, на 1,5-3%. По литературным источникам гидростатическое уплотнение хорошо работает на сверхвысоких параметрах по дросселируемому давлению и окружной скорости вращающегося кольца при торцевом зазоре от 5 мкм до 20 мкм. Саморегулируемый торцевой зазор обеспечивается условием равновесия подвижного кольца. На равновесие подвижного кольца оказывает влияние вторичное уплотнение в виде резинового кольца. При увеличении дросселируемого давления резиновое кольцо расклинивается и работает как упругий элемент, нарушая подвижность самоустанавливающегося кольца. Влияние вторичного уплотнения на подвижность самоустанавливающегося кольца учитывается приведенными в литературе зависимостями.

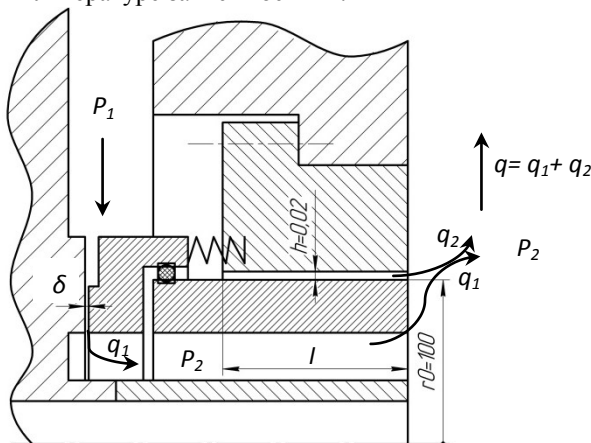


Рисунок 1 – Гидростатическое уплотнение с абсолютной подвижностью самоустанавливающегося кольца

Для обеспечения абсолютной подвижности самоустанавливающегося кольца предложено уйти от вторичного уплотнения заменив его цилиндрическим дросселирующим каналом по типу плавающего кольца. Резиновое кольцо используется в виде шарнирной опоры, обеспечивая свободные угловые перемещения торцевой поверхности. При этом

радиальный зазор цилиндрического дросселя обеспечивается в пределе 0,01-0,03 мм, что на порядок меньше чем в плавающем кольце, заметно снижая объемные потери (рис.1). По результатам выполненных исследований характеристика гидростатического уплотнения с подвижным самоустанавливающимся кольцом по зазору и протечкам от дросселируемого давления приведена на рис. 2.

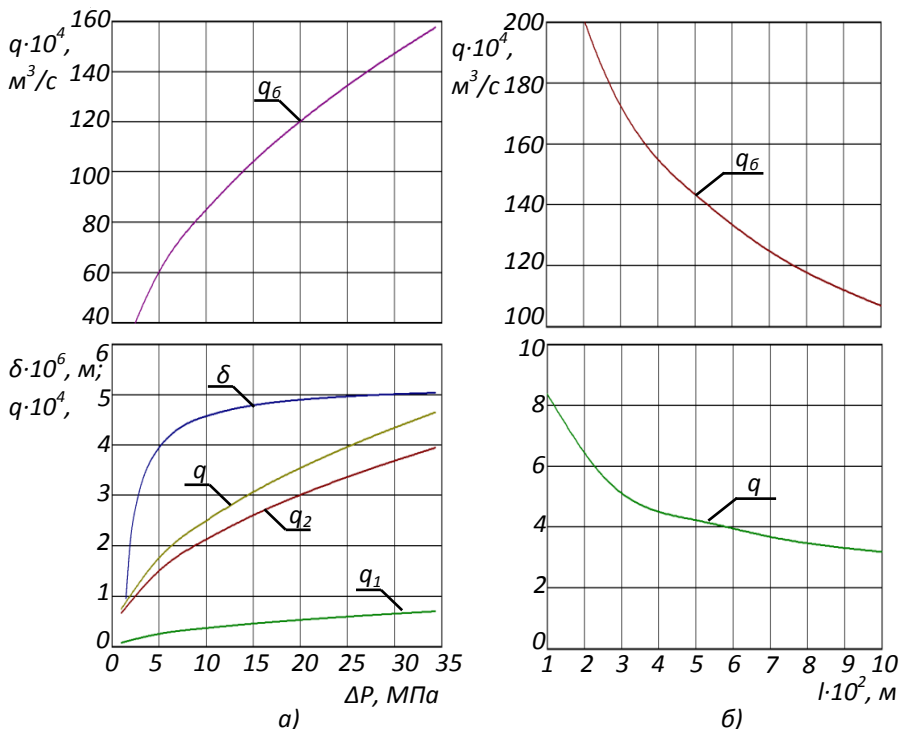


Рисунок 2 – Характеристика гидростатического уплотнения и разгрузочного барабана (q_1 – протечки через торцовый дроссель; q_2 – протечки через цилиндрический дроссель; $q=q_1+q_2$ – суммарные протечки; q_6 – протечки через разгрузочный барабан; δ – зазор торцовой пары)

Гидростатическое уплотнение с абсолютно подвижным самоустанавливающимся кольцом составит альтернативу плавающим кольцам, по надежности и протечкам. А его применение в системе осевой разгрузки ротора насоса, взамен разгрузочному барабану, по данным проведенных исследований (рис. 2), приведет к снижению протечек в 35 раз.

Прикидочные расчеты по балансовым исследованиям показывают, что такое снижение объемных протечек, на узле осевой разгрузки ротора насоса приводит к увеличению КПД центробежного насоса до 5%.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА УРАВНОВЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Калиниченко П. М., доцент; Супрун А. В., аспирант

Статический расчет узла осевой разгрузки ротора центробежного насоса ведется по уравнению осевого равновесия ротора насоса и уравнению расхода жидкости через узел разгрузки. Предпосылки получения, получение уравнения и допущения, принимаемые при выводе этих уравнений, составляют содержание данной работы.

Механическая система узла разгрузки, ограниченная контрольной поверхностью и состоящая из пяти 1 и частиц жидкости 2 (рисунок), описывается системой дифференциальных уравнений

$$m_1 \frac{d^2 \bar{r}_1}{dt^2} = \bar{F}_1^e + \bar{F}_1^i; \quad (1)$$

$$m_{2k} \frac{d^2 \bar{r}_{2k}}{dt^2} = \bar{F}_{2k}^e + \bar{F}_{2k}^i \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (2)$$

Здесь \bar{F}_1^e и \bar{F}_1^i – равнодействующие внешних и внутренних сил, действующих на точки и тела системы.

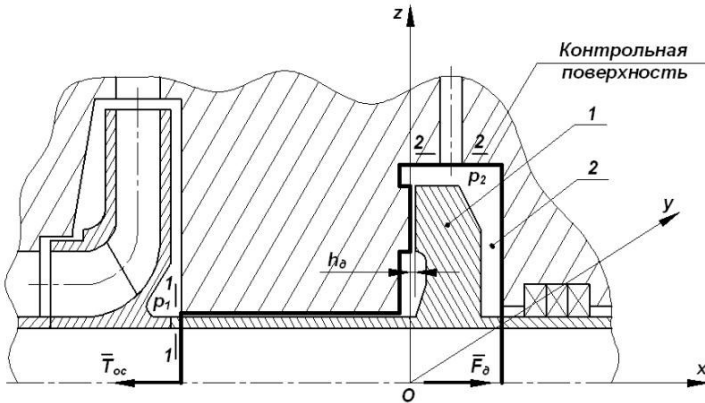


Рисунок – Узел разгрузки (расчетная схема)

На номинальном режиме работы насоса зазор $h_{\text{дном}}$ принимают $h_{\text{дном}} > \Delta h_{\text{дmax}}(t)$. Это условие, следуя данным опыта, выполняется при $h_{\text{дном}} = (1,0 \div 1,2)r_{\text{д2}} \cdot 10^{-3}$, где $r_{\text{д2}}$ – внешний радиус разгрузочного

диска. Так как $\Delta h_{\Delta \max}(t) < h_{\Delta \text{ном}}$ и в большей степени случайная величина, то при расчете разгрузочного устройства принимают $\Delta h_{\Delta \max}(t) = 0$ и переходят к статическому расчету при котором для заданного режима работы насоса $h_{\Delta \text{ном}} = \text{const}$. Следуя этому и считая $\bar{F}_1^e = \bar{T}_{oc}$ – уравновешиваемая сила; $\bar{F}_1^i = \bar{F}_\partial = \int_{\sigma_\partial} \bar{p}_n d\sigma_\partial$ – уравновешивающая сила, уравнение (1) примет вид уравнения равновесия ротора в проекции на ось x

$$\int_{\sigma_\partial} p_{nx} d\sigma_\partial - T_{oc} = 0. \quad (3)$$

Напряжения p_{nx} , от действия на диск внутренних сил, находятся из (2)

при замене $\sum m_{2k} \frac{d^2 \bar{r}_{2k}}{dt^2} = \int \rho \frac{d\bar{V}}{dt} d\tau$; $\sum \bar{F}_{2k}^e + \bar{F}_{2k}^i = \int \rho \bar{F} d\tau + \int \bar{p}_n d\sigma$. Так

как $\int \bar{p}_n d\sigma = \int \text{Div} P d\tau$, то $\rho \frac{d\bar{V}}{dt} = \rho \bar{F} + \text{Div} P$, откуда

$$\frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \nabla^2 \bar{V} - \bar{f}, \quad \text{где } \bar{f} \text{ – вектор силы сопротивления,}$$

выражающий действие турбулентных напряжений. Таким образом

$$p_{nx} = p_1 + \frac{\rho}{2} (\alpha_1 V_1^2 - \alpha_k V_k^2) - \frac{\rho \omega^2}{8} (r_1^2 - r_k^2) - \eta_{1-k}. \quad (4)$$

Записывая (4) для сечений (1 – 1) на входе и (2 – 2) на выходе из контрольной поверхности, получим уравнение расхода жидкости через узел разгрузки, представляющее функцию

$$q = q([p_1 - p_2], h_\partial, r_1, \dots, r_n), \quad (5)$$

r_1, \dots, r_n – геометрические параметры узла разгрузки.

Из совместного решения (3), (4) и (5) получим уравнение равновесия ротора насоса, представляющее функцию

$$\Phi([p_1 - p_2], h_\partial, r_1, \dots, r_n) = 0. \quad (6)$$

Полученные уравнения (5) и (6) составляют основу статического расчета приведенного узла осевой разгрузки ротора насоса (гидропята).

СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗАТВОРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Голуб Р. О., студент

Проблемы герметизации вращающихся валов особенно сложны и ответственны для центробежных насосов и компрессоров, перекачивающих агрессивные, токсичные, радиоактивные, взрыво- и пожароопасные жидкости и газы. Для предотвращения неконтролируемых протечек таких сред используются механические торцовые уплотнения с внешним подводом нейтральных запирающих жидкостей или газов. Рядом существенных преимуществ обладают затворные уплотнения с коаксиальным расположением ступеней. Благодаря коаксиальному расположению ступеней упрощается конструкция узла и уменьшаются его габариты при сохранении повышенной надежности и герметичности, характерных для саморегулируемых импульсных уплотнений.

Статический расчет затворных импульсных уплотнений сводится к построению статических характеристик, т.е. зависимостей торцового зазора, а также внутренних (затворной среды в уплотняемую полость) и внешних (затворной среды в атмосферу) протечек от давлений уплотняемой и затворной среды. Расчеты проведены для жидкости, что несколько упрощает выкладки благодаря линейной зависимости расхода от дросселируемого перепада давления. Расчет выполняется на основе совместного решения уравнения баланса расходов и уравнения равновесия аксиально подвижного кольца.

Расчет динамических характеристик содержит оценку собственной частоты колебаний аксиально подвижного кольца, построение амплитудных и фазовых частотных характеристик, анализ динамической устойчивости.

Опыт эксплуатации импульсных уплотнений в различных экстремальных условиях подтверждает их основные положительные качества: эффективный теплоотвод, способность уплотнять жидкости, газы, газожидкостные смеси, реверсивность относительно направления вращения и уплотняемого перепада давления, способность выполнять функции стояночных уплотнений, существенно меньшие по сравнению с обычными механическими торцовыми уплотнениями габариты. Недостатком приведенных конструкций затворных импульсных уплотнений является наличие трубчатых питателей, подверженных засорению. Однако этот недостаток устранен в новых конструкциях с внутренними дросселями-питателями. Применение таких уплотнений позволяет экономить энергию и ресурсы, а также повышает экологическую безопасность насосного и компрессорного оборудования.

Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В. А.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТВОРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Боярский Д. П., студент; Лисовенко Д. В., студент; Загорюлько А. В., доцент

Торцевые импульсные уплотнения имеют значительные преимущества по сравнению с газодинамическими уплотнениями со спиральными канавками – они проще в изготовлении и более экономичны. Простейшая конструкция одноступенчатого импульсного уплотнения имеет аксиально-подвижное кольцо, на торцевой поверхности которого расположены замкнутые камеры. На вращающемся опорном кольце выполнено несколько каналов, открытых в сторону уплотняемой полости. Через эти каналы уплотняемая среда под уплотняемым давлением впрыскивается в камеры за те короткие промежутки времени, когда вращающиеся каналы проходят мимо камер. В эти моменты давление в камерах скачкообразно повышается. Работа уплотнения основана на создании высокочастотных импульсов давления в разгрузочных камерах, поэтому оно получило название импульсного уплотнения. Соответствующим выбором основных геометрических параметров можно обеспечить оптимальное значение торцевого зазора в широком диапазоне уплотняемых давлений и частот вращения ротора. Уплотнения малочувствительны к физическим свойствам уплотняемой среды.

Целью работы является моделирование торцевой пары со спиральными канавками в программном комплексе ANSYS CFX. Сравнение результатов расчета, полученных с помощью численного решения уравнения Рейнольдса для смазки, численного решения уравнения Навье-Стокса и результатов эксперимента. Компьютерное моделирование новых конструкций запорных импульсных уплотнений: решение нестационарного течения газа и определение силовых деформаций колец уплотнений.

В результате получена компьютерная модель торцевой пары со спиральными канавками в программном комплексе ANSYS CFX. Сравнение результатов расчета, полученных с помощью численного решения уравнения Рейнольдса для смазки, численного решения уравнения Навье-Стокса и результатов эксперимента дало удовлетворительное совпадение. Выполнено компьютерное моделирование новых конструкций запорных импульсных уплотнений: решение нестационарного течения газа и определение силовых деформаций колец уплотнений. Подтверждена возможность использования методов численного решения уравнения Навье-Стокса (CFD расчет в программном комплексе ANSYS CFX) для расчета рабочих характеристик торцевых бесконтактных уплотнений.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШПАРИННОГО УЩІЛЬНЕННЯ ДОВІЛЬНОЇ ДОВЖИНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДИНАМІКУ РОТОРА ПРИ ВИТІКАННІ РІДИНИ У «ПОВІТРЯ»

Німа Н. О., студентка; Беда І. М., доцент

Як правило, експериментальні дослідження динамічних характеристик шпаринних ущільнень проводять на стендах, в яких витік рідини із шпарини проходить у повітря. Математичні моделі таких шпаринних ущільнень через втрати рідиною осьової швидкості за щілиною допускають підвищення тиску в цій області. Таким чином, з'являється ймовірність існування в шпарині областей з вакуумом. Існуючі в даний момент методики розрахунку динамічних характеристик ротора цього не враховують. Мета даних досліджень і полягає в тому, щоб дослідити існування областей та визначити їх вплив на динаміку ротора.

В основу досліджень покладені рівняння руху рідини в шпаринному ущільненні довільної довжини.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{\lambda}{2h} \frac{\rho w_0}{2} u \\ \frac{\partial p}{\partial z} = -\frac{\lambda}{2h} \frac{\rho w^2}{2} \\ \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(wh)}{\partial z} = u(h) \frac{\partial h}{\partial x} - v(h) - u_0 \frac{\partial h}{\partial x} \end{array} \right.$$

Використовуючи чисельні та аналітичні методи, в роботі одержаний розподіл тиску рідини в шпаринному ущільненні довільної довжини.

В роботі показано, що при деяких геометричних розмірах шпаринного ущільнення та перепаду тиску на ньому, в шпарині існує область вакууму.

Проведений аналіз впливу області вакууму на коефіцієнти пружної, демфуючої та циркуляційної сил, які виникають у шпаринному ущільненні довільної довжини.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ВАЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ШПАРИННОГО УЩІЛЬНЕННЯ ДОВІЛЬНОЇ ДОВЖИНИ

Васильченко Н. С., студентка; Беда І. М., доцент

Шпаринні ущільнення проточної частини гідромашин суттєво впливають на динамічні характеристики ротора. Нині існує велика кількість теоретичних та експериментальних досліджень впливу шпаринних ущільнень на динаміку ротора. Але в більшості із них розглядається моделі так званих коротких ущільнень.

Метою даної роботи є дослідження впливу частоти обертання ротора на витік рідини та гідродинамічні сили шпаринних ущільнень довільної довжини.

Рух рідини у шпаринному ущільненні довільної довжини можна описати системою рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial z} = -\frac{\lambda}{8} \operatorname{Re} \frac{\mu}{h^2} w, \\ \frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{\lambda}{8} \operatorname{Re} \frac{\mu}{h^2} u, \\ \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(wh)}{\partial z} = u(h) \frac{\partial u}{\partial x} - v(h) - u_0 \frac{\partial u}{\partial x}, \end{cases}$$

де Re – число Рейнольдса, p , w , u – усереднені значення тиску, осьової складової швидкості та окружної складової, обумовлені тиском в шпарині.

Аналітикочисельні дослідження даної системи показали, що з ростом частоти обертання витік через шпаринне ущільнення зменшується, при чому залежність витоку носить майже лінійний характер від параметру $k = \frac{u_0}{w_2}$ (u_0, w_2 – усереднені складові швидкості).

З ростом частоти обертання ротора зменшується й значення коефіцієнтів пружної та демпфуючої сил, які виникають в шпаринному ущільненні довільної довжини. Як показують дослідження, при $k \leq 1$ вплив обертання ротора на коефіцієнти гідродинамічних сил незначні, але з ростом параметра k вказані коефіцієнти суттєво зменшуються, а тому нехтувати обертанням ротора при дослідженні гідродинамічних характеристик шпаринних ущільнень довільної довжини є недопустимим.

АВТОМАТИЗОВАНЕ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ РОТОР-ОПОРИ-УЩІЛЬНЕННЯ ДЛЯ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ І КОМПРЕСОРІВ

Винніченко Р. В., студент; Загорулько А. В., доцент

Особливе місце серед безконтактних ущільнень обертових валів займають шпаринні та лабіринтні ущільнення. Це найбільш розповсюджений тип ущільнень роторів відцентрових насосів та компресорів. Вони виконують одночасно функції і ущільнень, і гідростатичних та демпферних опор. У зв'язку з цим, значно розширюється коло задач, пов'язаних з їх розрахунком та проектуванням. Якщо для інших ущільнень характерним показником є рівень витоків, то для шпаринних ущільнень-опор найбільш важливими є жорсткостні та демпфіруючі властивості, та їх вплив на вібраційний стан ротора. Тому виникає необхідність розроблення уточнених методів чисельного розрахунку і оптимізації динамічних характеристик шпаринних ущільнень та підшипників ковзання насосів і компресорів за допомогою сучасних методів обчислювальної гідродинаміки для більш надійного прогнозування вібраційного стану роторної машини та розробки принципово нових конструкцій, що забезпечують економію енергії та перекачуваних продуктів, а також екологічну безпеку насосного і компресорного обладнання.

В роботі за допомогою програмних комплексів ANSYS CFX і modeFrontier виконані розрахункові дослідження та оптимізація шпаринних і лабіринтних ущільнень та підшипників. Для автоматизації розрахунку розроблена скриптова програма на алгоритмічній мові Iron Python. На підставі введених початкових даних програма передає в ANSYS Workbench задані параметри і ініціалізує виконання проекту ANSYS Workbench, а також зчитує розрахункові дані і формує файл звіту. Середовище ANSYS Workbench інтегрує компоненти додатків: ANSYS DesignModeler, ANSYS Meshing, ANSYS ICEM CFD, ANSYS CFX - Pre, ANSYS CFX - Solver Manager, ANSYS CFD - Post. Проект ANSYS Workbench зв'язує між собою окремі проекти побудови геометрії, сітки, задавання граничних і початкових умов, розв'язання і обробку результатів розрахунків, а також організовує обмін параметрами між ними. Аналіз динаміки ротора проведений за допомогою програмного модуля ДИПРОТОР, який вбудований у програмний комплекс ANSYS за допомогою макросу. Модуль дозволяє будувати балкову модель ротора і визначити критичні швидкості і відповідні їм форми коливань, а також будувати амплітудно-частотну і фазово-частотну характеристики з урахування жорсткостей і демпфірувань ущільнень-опор і підшипників ковзання.

Результатом роботи є розроблення комп'ютерної програми для автоматизованого розрахунку динаміки ротора і чисельного аналізу шпаринних ущільнень-опор та підшипників ковзання.

ВПЛИВ КОНФІГУРАЦІЇ ЩІЛИНИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УЩІЛЬНЕННЯ

Симоновський В. І., професор; Беда О. І., аспірант

У проточній частині гідромашин для усунення значних перетоків рідини із зон високого тиску в зони пониженого тиску використовуються шпаринні ущільнення, утворені спеціально виконаними поверхнями робочих коліс, валів та іншими елементами ротора разом з нерухомими елементами корпусу. Їх ущільнюючий ефект базується на використанні гідравлічного опору кільцевих дроселів з малим (0,1-0,3мм) радіальним зазором. Шпаринні ущільнення суттєво впливають на динамічні характеристики ротора: виникаючі в шпарині гідродинамічні сили в залежності від конструкції та умов роботи ущільнення можуть або знижувати віброактивність ротора, або навпаки, обумовлювати його динамічну нестійкість. А тому розробка конструкцій шпаринних ущільнень та дослідження їх динамічних характеристик є актуальною задачею.

В даній роботі досліджуються динамічні характеристики та їх вплив на динаміку модельного одномасового ротора шпаринного ущільнення, утвореного шляхом розбиття щілини на ряд шпаринних ущільнень однакової довжини.

Проведені дослідження показали, що дана конструкція шпаринного ущільнення призводить до зменшення витоку через шпарину відносно базового ущільнення при всіх геометричних розмірах останнього. Проте витоки рідини відрізняються несуттєво (до 5 %).

В той же час ефект перевищення пружної сили досліджуваного ущільнення по відношенню до базового спостерігається у випадку

$\frac{l}{r} > 1$ (відношення довжини ущільнення до його радіусу), причому з ростом

параметра $\frac{l}{r}$ вказане перевищення зростає. Наприклад, при $\frac{l}{r} = 3$ пружна сила запропонованої конструкції майже в 1,7 разів перевищує пружну силу базової шпарини.

Демпфіруюча та циркуляційна сили, що виникають у такій конструкції, як показують розрахунки, зменшуються.

Запропонована конструкція шпаринного ущільнення також підвищує власну частоту модельного ротора та граничну по стійкості частоту обертання ротора.

СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УПЛОТНЕНИЙ С ПЛАВАЮЩИМИ КОЛЬЦАМИ

Борщенко Д. А., студентка

Уплотнения с плавающими кольцами представляют собой совокупность торцового и щелевого уплотнений. Плавающее кольцо способно центрироваться относительно вала благодаря гидродинамическим силам в кольцевой щели. Последнее условие позволяет выполнять малые радиальные зазоры, тем самым снижая утечки. Плавающие кольца не вращаются, что резко уменьшает мощность на трение и снимается проблема их охлаждения. Так, преимущества использования уплотнений с плавающими кольцами реализуются лишь при выполнении определённых условий. Целью расчета уплотнений является определение статического условия самоцентрировки плавающих колец и исследование их динамической устойчивости.

Кольцо представляет собой колебательное звено, к которому через слой уплотняемой жидкости в кольцевом зазоре приложено кинематическое возбуждение со стороны вала. Рассматривается кольцевой зазор с перекосом осей вала и кольца. Расчет выполнялся с учетом следующих допущений: не учитывается влияние колец на динамику ротора (масса колец значительно меньше массы ротора); пренебрегают осевыми смещениями центра масс кольца (кольцо прижато к корпусу уплотняемым давлением).

Статический расчет сводится к записи уравнений равновесия системы сил, действующих на кольцо. Из условия равновесия осевых сил определяется реакция контактной торцевой поверхности и среднее контактное давление. От последнего зависит герметичность торцового стыка и способность кольца к самоцентрированию. Динамический расчет включает в себя запись дифференциальных уравнений движения кольца в неподвижной системе координат и последующий анализ на устойчивость. При статическом и динамическом расчетах плавающих уплотнений были использованы выражения для гидродинамических сил в кольцевых дросселях, дополненные их гидродинамическими моментами, возникающими в кольцевых и торцевых зазорах.

По результатам статического и динамического расчетов, можно сделать выводы относительно процесса проектирования уплотнений. Необходимо выполнять условие статического самоцентрирования уменьшением силы трения на торцевой поверхности и увеличением центрирующей силы; предотвратить угловые колебания кольца, которые сопровождаются раскрытием торцового стыка; ограничить амплитуды вынужденных колебаний кольца относительно вала (чтобы избежать соударений во всем диапазоне уплотняемых давлений и рабочих частот ротора); обеспечить динамическую устойчивость колец на всех эксплуатационных режимах.

Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В. А.

На рис. 1 обозначено: k_1 - коэффициент изгибной жёсткости вала; k_2, c_2 - коэффициенты радиальной гидростатической жёсткости и демпфирования шелевого уплотнения; q_2 - коэффициент циркуляционной силы, т.е. составляющей радиальной гидродинамической силы, направленной перпендикулярно эксцентриситету e ; k_3, c_3 – коэффициенты угловой жёсткости и демпфирования в торцовом зазоре.

Радиальные и угловые смещения кольца могут возникать под действием радиальных гидродинамической силы F_x и момента M_x в кольцевом зазоре, а также под действием силы тяжести и её момента относительно точки возможного поворота a .

В рассматриваемом положении равновесия сохраняются лишь гидростатическая сила и момент:

$$F_y = F_{py2} = k_p \left[(\theta_0 + N\chi_m)\varepsilon + (1 + 2\Delta\chi)\theta_x \right]$$

$$M_x = M_{px2} = k_p \frac{l}{6} (N\Delta\chi\varepsilon + 2\chi_m\theta_x)$$

Используя выражения сил и момента, запишем условие неподвижности уплотнительного кольца:

$$k + \frac{p_2}{\Delta p} \geq \frac{1}{f\Delta p A_c} \left\{ k_p \left[(\theta_0 + N\chi_m)\varepsilon + (1 + 2\Delta\chi)\theta_x \right] + mg \right\}$$

Широкие возможности по оптимизации расходных характеристик связаны с применением деформируемых плавающих колец. Соответствующим подбором геометрии радиального сечения кольца (рис. 2) можно добиться, чтобы в результате деформаций под действием уплотняемого перепада давления дресселирующие зазоры приобретали такую форму, при которой увеличивается гидростатическая жёсткость и в то же время уменьшается расход. Такие кольца позволяют стабилизировать протечки за счёт уменьшения зазора из-за деформаций, а также обеспечивают динамическую устойчивость в широком диапазоне перепадов давления уплотняемой жидкости.

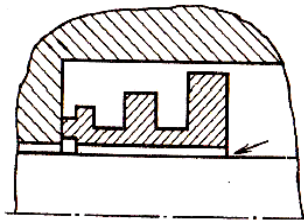


Рисунок 2 – Деформируемое плавающее кольцо

Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В. А.

ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТОРІДИННИХ УЩІЛЬНЕНЬ

Лисицький О. М., студент; Загорулько А. В., доцент

Магніторідинні герметизатори обертаючого вала відповідно до рівня герметичності в своїй області застосування перевершує всі відомі типи ущільнень і представляють собою новий самостійний клас технічних пристроїв з постійними магнітами, який використовує магнітну рідину. Принцип дії їх роботи який базується на взаємодії магнітної рідини з магнітним полем магнітної системи герметизатора, завдяки якому забезпечується герметичність між внутрішньою областю пристрою і валом. При розв'язанні задачі магніторідинного ущільнення доцільно поряд з методами фізичного моделювання використовувати сучасні методи комп'ютерного моделювання. Тому у роботі було виконано комп'ютерне моделювання процесу герметизації у новому ущільнювальному комплексі, який складається з тандемно встановлених: шпаринного (лабіринтного чи торцевого) і магніторідинного ущільнень. Цей ущільнювальний комплекс може бути застосований в хімічній та нафтогазовидобувній промисловості для герметизації обертових валів відцентрових насосів і компресорів. Які дозволить забезпечити повну герметичність і екологічну безпеку такого обладнання.

Для розв'язання поставленої задачі були використані програмні комплекси Maxwell та ANSYS CFX. Нелінійні магнітні властивості матеріалів для сучасної задачі, а також не лінійності системи рівнянь Нав'є-Стокса для гідродинамічної задачі, використання числових методів і сучасних пакетів програм дозволяє використовувати більш повні моделі магніторідинних герметизаторів і врахувати розподіл трьох компонентів руху магнітної рідини в зазорі магніторідинного герметизатора. За рахунок взаємозв'язку цих програм і методу кінцевих об'ємів, розрахунок виконується на двох етапах. На першому етапі виконується розрахунок магнітного поля, яке створюється двома кільцевими постійними магнітами. На другому етапі розраховується магнітогідродинамічна задача для магнітної рідини, яка розміщена в зазорі між нерухомими концентраторами магнітного поля і обертовим валом. За рахунок того, що основний перепад тиску рідини чи газу спрацьовується на попередньо встановленому шпаринному ущільненні, магнітна рідина утворює герметичний кільцевий магнітний бар'єр, утримуючи необхідний перепад тиску.

За результатами числового моделювання проведено аналіз впливу частоти обертання вала і перепаду тиску на працездатність і герметичність магніторідинного ущільнення.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ДИНАМИКУ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Хализева А. Г., студентка

В данной работе проведено исследование совместного влияния щелевых уплотнений и подшипников скольжения на устойчивость и возникновение полигармонических составляющих в роторах центробежных насосов. Для решения этой задачи была разработана нелинейная дискретная модель роторной системы, максимально точно описывающая основные особенности динамики реальных роторов. Была рассмотрена многомассовая модель ротора питательного насоса производительностью $600 \text{ м}^3/\text{ч}$, развивающего давление 30 МПа . Интерес представляет оценка влияния динамических реакций не только в подшипниках, но и в уплотнениях проточной части.

Численные эксперименты, основанные на интегрировании системы нелинейных дифференциальных уравнений методом Рунге – Кутты 4-го порядка, проводились в программном комплексе Maple. На рис. 1 и 2 приведены примеры результатов численного интегрирования и последующего спектрального анализа переходных процессов ротора в неустойчивой области частот вращения.

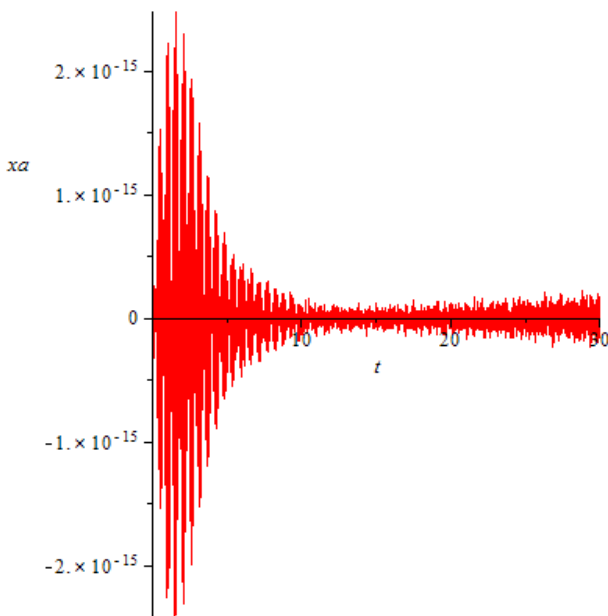


Рисунок 1 – Временная характеристика

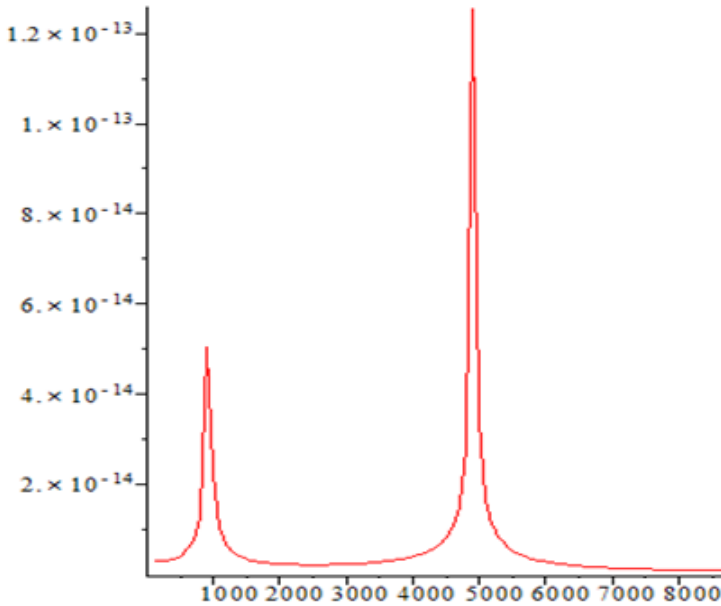


Рисунок 2 – Спектр вибраций

На основе большого количества численных экспериментов сделаны следующие выводы.

1. Применение многомассовой модели ротора позволяет решать проблемы определения области устойчивой работы ротора, а также определять суб- и супергармонические составляющие.
2. Многомассовая модель ротора, рассмотренная в данной работе, адекватно описывает основные характеристики реального ротора, поскольку погрешности по первым двум частотам лежат в пределах 3%.
3. Дискретные массы целесообразно располагать на определенном расстоянии от подшипников, в силу того, что дискретная модель должна соответствовать реальной модели, а, следовательно, первая и вторая формы ее должны быть достаточно близкими. Это лучше всего достигается путем расположения масс в точках максимальных прогибов по первой и второй форме.
4. Учет нелинейных явлений в жидкостном слое подшипников и в уплотнениях проточной части позволяет более точно описать физические процессы, характерные для модели.

Работа выполнена под руководством профессора Симоновского В. И.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ РОТОРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАСЧЕТА СВОБОДНЫХ И ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ИХ МКЭ-МОДЕЛЕЙ

Квашко В. В., студент

Исследования динамики роторов турбокомпрессоров, проведенные в последние годы, показали, что наряду с синхронными динамическими прогибами ротора, вызванными дисбалансами, возникают вследствие гидродинамических процессов в подшипниках и внутреннего трения несинхронные составляющие колебаний, понижающие в целом виброндёжность турбокомпрессорных установок. Для изучения этих явлений необходимо рассмотрение дискретных моделей роторных систем со сравнительно небольшим числом сосредоточенных масс. Численное интегрирование дифференциальных уравнений этих моделей позволяет исследовать закономерности появления и развития полигармонических колебаний и тем самым выявить условия их эффективного снижения.

В одной из своих работ Гадяка В.Г. предложил метод построения дискретных моделей на основе данных расчёта собственных частот и форм колебаний "больших" КЭ-моделей роторов. Идея заключалась в использовании методов оценивания (идентификации) параметров колебательных моделей, где данные расчёта КЭ-модели с распределёнными параметрами используются как «экспериментальные» для синтеза дискретных систем.

Однако для жёстких роторов, где целесообразно рассмотрение трёхмассовой модели, использование данных расчёта собственных частот и форм для оценивания величин трёх масс оказывается иногда недостаточно точным.

В данной работе предложен новый метод оценивания параметров (а именно масс) дискретной роторной системы, заключающийся в использовании не только первой собственной частоты и формы, получаемых из расчёта КЭ-модели, но и данных расчёта вынужденных колебаний этой модели. При этом число частот, при которых рассчитываются вынужденные колебания, может быть каким угодно – насколько это требуется для достижения требуемой точности.

Предложенный метод проверен на ряде роторов турбокомпрессоров и может быть эффективно использован для создания достоверных расчётных динамических моделей роторов.

Работа выполнена под руководством профессора Симоновского В. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ РОТОРОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ В НЕУСТОЙЧИВОЙ ОБЛАСТИ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ

Пономаренко Е. Н., студент

Существующие методы и программы расчёта динамики роторов позволяют определить критические частоты и формы, а также вынужденные колебания синхронной прецессии. В то же время эти программы не могут быть использованы для расчёта и прогнозирования таких сложных явлений, как потеря устойчивости и появления несинхронных суб- и супергармонических составляющих. Эти явления могут быть изучены с помощью численного интегрирования нелинейных уравнений движения ротора. С помощью одномассовой и двухмассовой модели можно выявить лишь общие закономерности. Но для качественного исследования динамики ротора этих моделей недостаточно. Нужны 3-х и 4-х массовые дискретные модели, которые достаточно достоверно отображают свойства реальной конструкции ротора.

В данной работе была принята кубическая зависимость квазиупругих сил вида:

$$F_x = -f \cdot z^2 \cdot x, F_y = -f \cdot z^2 \cdot y, z^2 = x^2 + y^2.$$

Такая структура соответствует аналитическим выражениям для квазиупругих сил в щелевых уплотнениях (также являющимися своего рода подшипниками).

В результате расчётов большого количества вариантов вынужденных колебаний ротора при различных частотах вращения были получены следующие результаты:

1. Показано, что с увеличением дисбаланса граница устойчивых частот вращения понижается.
2. Демпферный подшипник обеспечивает несколько больший запас устойчивости и меньшие амплитуды автоколебательной субгармоники по сравнению с пятиколodочным.

Работа выполнена под руководством профессора Симоновского В. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА ГПА

Сидорец А. И., аспирантка

Разрушение рабочего колеса центробежного компрессора – одна из распространенных и наиболее опасных и дорогостоящих по последствиям причин выхода из строя газоперекачивающего агрегата. Для ее исследования выполнен обзорный анализ существующих работ, посвященных:

- изучению аэроакустических явлений в компрессорах и источников возбуждения вынужденных колебаний под действием потока газа;

- анализу известных причин разрушения рабочих колес центробежного компрессора, рассмотрению основных концепций, используемых для их объяснения, и путей решения данной проблемы.

Показано, что при анализе разрушения рабочих колес важно учитывать природу происхождения вынужденных колебаний, возникающих под воздействием потока газа в компрессоре. Помпаж, срыв потока, вихреобразование и взаимодействие между ротором и статором компрессора – основные физические явления, которые и являются источником возбуждения резонансных колебаний. Поток газа и элементы конструкции, как правило, рассматриваются независимо, а процесс взаимодействия между ними осуществляется за счет силового воздействия газа на ограничивающие элементы конструкции, вызывающего колебания давления, которые, в свою очередь, вызывают вибрации деталей. При достаточно высокой амплитуде вибраций возникает обратная связь между колебаниями и потоком газа, в результате чего система поток газа – элементы конструкции превращается в сложную нелинейную связанную систему, элементы которой уже не могут рассматриваться независимо друг от друга. Характерной особенностью такой системы является возникновение неустойчивых колебаний.

Проведенный анализ известных причин разрушения рабочих колес центробежного компрессора показал, что существует две основные концепции, которые их объясняют. Согласно первой - разрушение происходит на резонансных или близких к ним режимах работы колеса. Согласно второй - из-за циклического характера напряжений и их высокой концентрации в местах зарождения и развития усталостных трещин.

В работе представлена конечно-элементная модель рабочего колеса ротора сменной проточной части компрессора 294ГЦ2-750/7-21, для которой был проведен статический расчет в программном комплексе ANSYS, в результате чего была отброшена концепция об усталостном происхождении трещин и поломок диска рабочего колеса.

В ходе рассмотрения второй концепции был проведен модальный анализ рабочего колеса, построены диаграммы взаимодействия при разных частотах вращения, а также диаграммы для анализа гармонических возбуждающих воздействий.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

Трубицина И. О., студентка; Савченко Е. Н., доцент

Компрессоры, широко применяемые в народном хозяйстве, предназначены для повышения давления газов и их перемещения. Ведущее место занимают центробежные компрессоры (ЦК) разных типов, которые наиболее широко используются в химической, нефтяной и газовой промышленности. У ЦК может быть одно или более рабочих колес (РК), что зависит от параметров компрессора. РК представляет собой диск или же сложное тело вращения, на котором установлены лопатки, расходящиеся от центра к краям диска. Характерными конструктивными особенностями РК являются пространственность формы всех элементов и наличие зон резкого изменения формы в местах перехода от лопатки к диску, т.е. конструктивных концентраторов напряжений.

Поломка РК во время работы машины приводит к полному выходу из строя всей машины. К поломке рабочих колес могут приводить вынужденные колебания в проточных частях ЦК. Часто причиной возникновения вынужденных колебаний являются колебания давления при вращении ротора компрессора, вызванные взаимодействием между ротором и неподвижными элементами компрессора, частота которых соответствует частоте следования лопаток ротора при вращении, а также процессы в проточных частях ЦК, вызванные потоком газа. Умение правильно отстроиться от резонансных частот в проточной части ЦК позволит уменьшить возможность преждевременного разрушения РК.

Имеется две концепции, объясняющие причины разрушения колес. Первая предполагает, что разрушение колес происходит на резонансных или близких к ним режимах работы РК. Вторая концепция исходит из того, что разрушение происходит из-за циклического характера напряжений и высокой их концентрации в местах образования и развития усталостных трещин.

В настоящее время проверить обе концепции можно с помощью мощных вычислительных программных комплексов, таких как ANSYS.

Для объяснения причин повреждения рабочих колес необходимо провести комплекс численных исследований прочностных характеристик колес, модальный анализ рабочих колес, анализ взаимодействия между ротором и статором, известные как колебания Тайлера-Соффрина, а также, на первом этапе, по известным зависимостям, определить значения акустических частот, возникающих в пазухах рабочих колес. Проведение данных численных исследований позволит построить диаграммы взаимодействия и диаграммы для анализа гармонических возбуждающих воздействий на рабочие колеса ЦК. По построенным диаграммам можно будет провести оценку причин повреждения РК компрессора.

ВИБРОДИАГНОСТИКА ПАРАМЕТРОВ РАСЦЕНТРОВКИ РОТОРНЫХ МАШИН

Кафтарян Л. С., ст. преподаватель

Опыт эксплуатации роторных машин показывает, что при удовлетворительном уровне вибраций в начальный период, в дальнейшем они могут возрасти и превысить допустимый уровень. Поскольку причин увеличения вибраций может быть несколько, то необходимо определить степени влияния каждой из них в отдельности, а также изменения их в процессе эксплуатации.

Основными причинами вибрации роторных машин являются различного рода несовершенства, возникающие при изготовлении и эксплуатации роторов, а также при сборке их в валопроводы и агрегаты. Одной из наиболее важных причин повышенной вибротивности роторных машин является расцентровка роторов машины и привода. Помимо увеличения уровня вибрации агрегата, расцентровка вызывает повышенные динамические нагрузки на опоры, что приводит к преждевременному выходу из строя подшипников и снижает параметры надежности всего агрегата.

Рассматривается система из двух уравновешенных однодисковых роторов, соединенных жесткой муфтой и установленных на упругие опоры. Массами валов и полумуфт, а также гироскопическими эффектами дисков пренебрегаем. В зависимости от направления смещения на практике могут иметь место радиальная ρ и угловая φ расцентровки.

В результате аналитических исследований получены зависимости между параметрами расцентровок ρ и φ , с одной стороны, и виброперемещениями на упругих опорах, с другой стороны, в виде:

$$\rho = \sum_{j=1}^n f_j V_j, \quad \varphi = \sum_{j=1}^n g_j V_j,$$

где V_j – виброперемещение на j – ой опоре;

f_j, g_j – функции, зависящие от упругих свойств и параметров системы.

Аналогичные зависимости установлены также в случае, когда роторы имеют оба вида расцентровки, а также при учете неуравновешенности дисков.

Полученные соотношения позволяют, зная уровень вибраций роторной системы, осуществить качественное и количественное оценивание параметров расцентровки роторов. Численное и экспериментальное исследования подтверждают эффективность использования предложенной методики при решении задач вибродиагностики машин.

ЙМОВІРНІСНА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОТОРНОЇ МАШИНИ

Удовиченко Н. М., студентка; Нагорний В. М., доцент

Для довготривалої експлуатації роторної машини (далі агрегату) необхідно регулярно оцінювати поточний стан агрегату, з метою своєчасного прийняття рішення його зупинки на ремонт. Це можливо зробити за допомогою ймовірнісної оцінки його технічного стану.

Ймовірнісна оцінка стану агрегату полягає у визначенні:

- ймовірності відмови, як окремих вузлів, так і всього агрегату в цілому;
- ймовірнісної оцінки кількості дефектних вузлів агрегату;
- ймовірнісної оцінки кількості дефектів у кожному з вузлів агрегату;
- ймовірнісної оцінки назви домінуючого дефектного вузла агрегату;
- ймовірнісної оцінки виду домінуючого дефекту в кожного з вузлів агрегату.

В даній роботі були зняті початкові дані з агрегату за допомогою ПК та переносної системи віброконтролю «ВІБРОПОРТ». Під початковими даними розуміють сумарні рівні вібрації в трьох точках: на приводі та на двох опорах. Далі ця інформація оброблялась на комп'ютері, де, за допомогою програмного середовища Mathcad, були отримані спектри вібрацій, знаходились значення їх інформаційних гармонік, прогнозовано напрацювання агрегату до зупинки його на ремонт унаслідок появи і розвитку і-го дефекту. Прогнозування здійснювалось за допомогою апроксимації зміни з плином часу рівня інформаційної гармоніки.

На наступному етапі роботи за допомогою ймовірнісних методів було знайдено:

- закон розподілу числа дефектних вузлів агрегату, як випадкової величини;
- закон розподілу числа дефектів у кожного з вузлів агрегату, як випадкової величини;
- домінуючий дефектний вузол;
- домінуючий дефект у кожного з вузлів агрегату.

Таким чином була отримана ймовірнісна оцінка технічного стану агрегату з вказівкою напрацювання агрегату до зупинки на ремонт з вказівкою найбільш ймовірної причини ремонту.

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ РОТОРНОЇ МАШИНИ МЕТОДОМ МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ

Кибальник С. А., студент; Нагорний В. М., доцент

Промисловість зазнає величезних утрат унаслідок недостатньої працездатності машин, що випускаються. Особливо з великими витратами часу пов'язане порушення працездатності унікальних машин, таких, як потужні турбіни, доменні печі, важкі крани, хімічні й атомні реактори та ін.

Для мінімізації цих утрат все більша увага приділяється одній із найважливіших властивостей машини, а саме збереженню працездатності відповідно до заданих технічних умов експлуатації впродовж заданого проміжку часу. Ця властивість машини в інженерній галузі знань називається надійністю машини.

Надійність закладається під час проектування, забезпечується під час виробництва і реалізується під час експлуатації. Найважливішими показниками надійності є безвідмовність і довговічність. Забезпечення необхідного рівня цих показників неможливе без вивчення основ фізики відмов (утомної міцності, повзучості тощо).

Фізика відмов вивчає необоротні процеси, що призводять під час експлуатації машин до утрати конструкційним матеріалом своїх початкових властивостей. Ці процеси, підлягаючи певним фізичним закономірностям, вступають у різноманітні взаємодії, мають складний зв'язок зі зміною вихідних параметрів машини. Розкриття цих зв'язків можливе на основі результатів досліджень природничих наук, що вивчають фізико-хімічні процеси руйнування, старіння і зміни властивостей конструкційних матеріалів (металів і пластмас), із яких виготовлені машини.

При цьому основною особливістю цих досліджень є розгляд усіх явищ у часі. Часові закономірності фізики відмов є базою для вирішення завдань щодо забезпечення заданої безвідмовності й довговічності машин.

При розгляді таких інженерно-технічних проблем коло проблем, що вирішуються фізикою відмови, конкретизується і деталізується, і цим займається розділ фізики відмови – механіка руйнування. Механіка руйнування починає розглядати питання руйнування на рівні розмірів атомів і дислокацій аж до розмірів домішок і зерен. Розуміння цих процесів дає можливість отримати критерії, що визначають закономірності руйнування машини і на основі цього дозволяє цілеспрямовано проводити діагностування технічного стану машин і прогнозування їх ресурсу.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА LABVIEW ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гупаленко Е. Д., студент; Савченко Е. Н., доцент

LabVIEW (англ. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) — это среда графического программирования, которую используют технические специалисты, инженеры, преподаватели и ученые по всему миру для быстрого создания комплексных приложений в задачах измерения, тестирования, управления, автоматизации научного эксперимента. В основе LabVIEW лежит концепция графического программирования - последовательное соединение функциональных блоков на блок-диаграмме.

LabVIEW содержит обширный список стандартных инструментов и готовых решений. Вдобавок, существуют соответствующие дополнения и модули, которые значительно расширяют возможности среды LabVIEW для обработки и анализа сигналов. Наряду со стандартными инструментами LabVIEW имеет добавочные модули, которые в значительной мере расширяют возможности обработки и анализа данных.

Программа, написанная в среде LabVIEW, называется виртуальным прибором (ВП). «Виртуальным» – потому, что ее составляющие существуют только в программном коде и на экране монитора. «Прибором» - потому, что пользователь взаимодействует с ней, как с приборной панелью, «нарисованной» на экране. Данные, с которыми работает ВП являются реальными, это не симуляция. LabVIEW содержит полный набор инструментов для сбора, анализа, представления и хранения данных.

LabVIEW является 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.

LabVIEW незаменим для организации и проведения модельного эксперимента, отличие которого от реального заключается в том, что в модельном эксперименте могут быть реализованы любые ситуации, в том числе «невозможные» и аварийные, что в силу разных причин бывает недопустимо при работе с реальными объектами.

Цель данной работы – исследование возможностей среды визуального программирования LabVIEW для моделирования реальных механических систем и исследования их частотных характеристик.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КОЛЬЦА БУРОВЫХ СКВАЖИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНФИГУРАЦИИ

Жулёв А. А, студент

Эффективность работы буровых скважин в значительной степени зависит от методов их крепления и цементирования. Качественное цементирование должно надежно разобщить продуктивные пласты от водоносных, укрепить склонные к обвалам породы, предохранить от коррозии обсадную колонну и повысить её несущую способность и долговечность. Стоимость глубоких скважин (до 12000 метров) весьма высока, а ущерб от некачественного их крепления может быть ещё большим, вплоть до их полной потери. Поэтому проблема обеспечения качественного разобщения пластов является в настоящее время наиболее важной проблемой в достижении долговечности и продуктивности скважин. С целью повышения нефтеотдачи продуктивных пластов и стимуляции охваченных заводнением скважин используются различные методы интенсификации, связанные с повышением перепада давления что приводит к увеличению напряженно-деформированного состояния цементного кольца скважины с одной стороны и нарушения герметичности в зонах контакта зацементированного заколонного пространства с другой.

Многие исследователи среди основных причин негерметичности крепи скважин выделяют следующие: снижение гидростатического давления и приток газа или жидкости из высоконапорных пластов в зацементированное заколонное пространство; нарушение сплошности цементного кольца в процессе технологических операций в скважине; образование каналов в цементном камне и в глинистой корке за счет процессов происходящих при структурообразовании раствора и его твердении; рыхлая глинистая корка на стенках скважины; эксцентричное расположение эксплуатационной колонны относительно стенок скважины; неполное замещение бурового раствора цементным в кавернозной части ствола.

Главной причиной нарушения герметичности скважины является образование каналов между цементным камнем и стенкой скважины вследствие чего возникает перенос флюида из затрубного пространства в эксплуатационную колонну, то есть возникает сообщение водоносного и продуктивного пластов, что приводит к обводнению и снижению дебита скважины. Разгерметизация в свою очередь приводит к необходимости проведения ремонтно-изоляционных работ во время эксплуатации, которые являются довольно затратными и не всегда приходят успешно. Таким образом, целесообразно проводить меры по предотвращению нарушения герметичности ещё до начала эксплуатации скважины, а именно на этапах проектирования и цементирования.

Работа выполнена под руководством профессора Каринцева И. Б.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИБОРІВ З ГІДРО- ТА ПНЕВМОПРИВОДОМ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ І ВАЛІВ

*Номеровський С. І., студент; Лісовенко Є. Ю., студент;
Павленко І. В., асистент*

Машинобудування відіграє значну роль у розвитку промисловості країни, тому проблеми цієї галузі завжди актуальні. При масовому і серійному виробництві важливою проблемою є зменшення затрат часу на виготовлення деталей машин, що впливає на показники завантаженості підприємства, у тому числі збільшення продуктивності використання ресурсів, прибутку підприємства тощо. Одним з реальних вирішень цієї проблеми є впровадження у виробничий процес спеціальних, універсальних пристроїв для обробки деталей, що зменшують допоміжний час, при цьому втримуючи всі необхідні вимоги до технічних показників.

Запропоновано використання пристроїв з гідро- або пневмоприводом для механічної обробки корпусних деталей, а також валів. При конструюванні таких пристроїв на етапі проектних розрахунків на міцність застосовуються, як правило, спрощені методики, які стосуються розгляду одно- або двовимірного напруженого стану елементів із використанням необґрунтовано високих коефіцієнтів запасу. Останні, у свою чергу, впливають на збільшення матеріальних затрат на виготовлення таких пристроїв.

У роботі застосовані методики уточненого розрахунку на міцність і жорсткість елементів пристроїв з гідро- або пневмоприводом за допомогою сучасних, у тому числі чисельних методів дослідження тривимірного напружено-деформованого стану конструкцій. Такий підхід дає змогу на етапі проектування більш точно визначати необхідні геометричні розміри з умов міцності і жорсткості та виявляти якісні відмінності у показниках на локальних ділянках, що дозволить більш економно використовувати матеріал.

Методика може бути використана для аналізу напружено-деформованого стану елементів широкого класу спеціальних пристроїв для обробки корпусних деталей і валів.

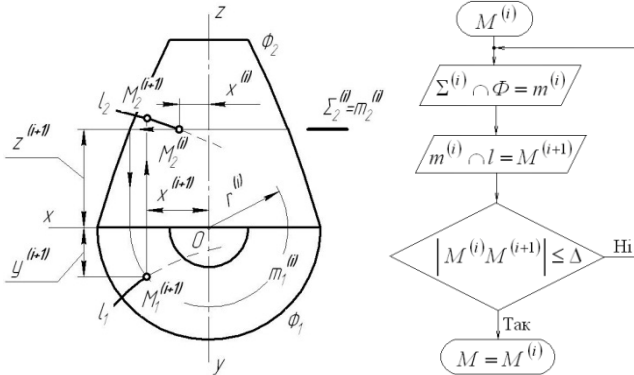
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПОСЛІДОВНИХ НАБЛИЖЕНЬ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ПОЗИЦІЙНИХ ЗАДАЧ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Павленко І. В., асистент, СумДУ; Павленко В. В., викладач, МК СумДУ

Високий рівень розвитку сучасного машинобудування завдячує використанню інноваційних технологій, у тому числі застосуванню систем автоматизованого проектування. Найбільш складними елементами конструкцій з точки зору способів побудови є лінії перетину геометричних тіл, обмежених криволінійними поверхнями. Їх побудова відноситься до позиційних задач нарисної геометрії, які розв'язуються шляхом знаходження геометричного місця точок перетину ліній однієї поверхні з іншою поверхнею. Для їх розв'язання використовують переважно методи перетворення комплексного креслення і методи, пов'язані з введенням допоміжних поверхонь.

Головним недоліком існуючих способів є пряма залежність точності побудови від кількості обраних точок. Унаслідок цього для побудови проєкцій лінії необхідно вводити значну кількість допоміжних точок, що ускладнює поставлену задачу нагромадженням додаткових побудов. Крім того, ділянки лінії між допоміжними точками будуються наближено шляхом інтерполяції. Недоліки існуючих методів вказують на необхідність пошуку і обґрунтування альтернативного методу, який би суттєво спрощував геометричні побудови, не поступаючись при цьому точністю останніх.

Метою роботи є створення, обґрунтування і чисельна реалізація якісно нового способу розв'язання позиційних задач нарисної геометрії – методу послідовних наближень, який би мав переваги порівняно з існуючими методами проєкційного креслення.



Перевагами запропонованого методу послідовних наближень є можливість контролю точності розв'язання задачі на кожному ітераційному кроці, відносно невелика кількість геометричних побудов, простий алгоритм чисельної реалізації, інваріантність алгоритму до типу поверхні тіла.

СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ УДОСКОНАЛЕНОГО ПРИВОДА КРИВОШИПНОГО ПРЕСА З НАПРЕСОВАНИМ МАХОВИКОМ

*Запорожченко В. С., доцент; Демченко А. М., студент;
Запорожченко А. В., студентка; Пузік Р. В., студент*

У сучасному світі існує багато інновацій, які були невідомими ще кілька десятиліть тому. Вони полегшують повсякденне життя і створюють безліч нових можливостей. Тому у кожній сфері своєї діяльності людство намагається якомога ширше залучати ці нові технології і знайти краще їх використання. Прикладом таких тенденцій є створення комп'ютерного моделювання та активне його впровадження у світ техніки. Зараз, в еру інновацій та цифрових технологій, незамінними помічниками людини стали сучасні комп'ютерні засоби, які використовуються на будь-якому підприємстві, фірмі, у конструкторських бюро, проектних організаціях і виконують величезну кількість функцій конструювання, моделювання, розрахунку нових процесів та об'єктів, зберігання, обробки, передачі інформації і т.д. Застосування цифрових технологій не тільки прискорює й робить зручним процес розробки нових технічних конструкцій (машин, механізмів, пристроїв тощо), але і є більш дешевим та функціональним.

На жаль, у галузі обробки металів тиском у проектних інститутах і конструкторських бюро недостатньо використовуються сучасні цифрові технології для проектування та моделювання нового штампувального устаткування і вдосконалення існуючих кривошипних машин. Тому в представленій конструкторсько-пошуковій роботі студентами I – IV курсів факультету ТеСЕТ створено тривимірну твердотільну модель та виконано моделювання процесів роботи привода кривошипного преса з розробленою новою конструкцією напесованого маховика. Для моделювання і автоматизованого проектування складеного маховика були використані наступні програмні продукти: SolidWorks, Autodesk Inventor, AutoCAD 2012, КОМПАС-3D V13. На підставі розробленої моделі отримано складальне креслення удосконаленого привода кривошипного преса, робочі креслення його основних деталей та вузлів. Після аналізу недоліків відомих супермаховиків, запропонованих професором Гуліа Н.В., навитих зі стрічки чи дроту, витки яких склеєні або зварені між собою, студентами СумДУ запропоновано принципово нову конструкцію складеного маховика, який складається з центральної втулки 1 (див. рисунок), на яку насаджено з натягом кілька кілець за допомогою пресової чи термічної посадки. У першому випадку щільне з'єднання утворюється за рахунок зусилля потужного гідравлічного преса, прикладеного до наступного кільця, яке напесовують на попереднє кільце, а у другому – за рахунок різниці температур зовнішнього кільця, що нагрівають, і внутрішнього кільця, що охолоджують. З'являється можливість виготовляти складений маховик з різноманітних матеріалів різної міцності та густини. При обертанні маховика в його ободі виникають напруження

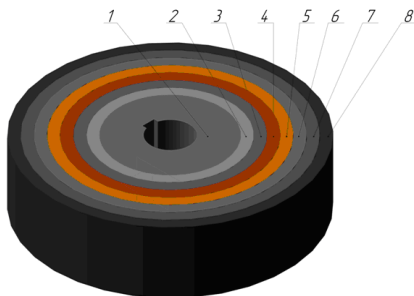


Рисунок – Модель складеного маховика

розтягання, величина яких збільшується пропорційно квадрату відстані від осі обертання. Внутрішні кільця меншого діаметра 2 виготовлено з дешевого матеріалу низької міцності, наприклад з пластмаси, наступні кільця 3 – з легкого кольорового металу, наприклад, з дюралюмінію, далі з міді 4, латуні 5, вуглецевої сталі звичайної якості 6, якісної вуглецевої сталі 7 і, нарешті, найбільш навантажене зовнішнє кільце 8 – з високоміцної легованої сталі. Це дозволяє зменшити масу або вартість складеного маховика при незмінному

моменті інерції, допустимій швидкості обертання і запасі кінетичної енергії. На розроблену конструкцію підготовлено у співпраці зі студентами заявку на нове технічне рішення до Державного підприємства «Укрпатент».

Використання запропонованої конструкції маховика у приводі кривошипного преса, на нашу думку, забезпечить такі переваги:

- простіший технологічний процес виготовлення маховика без застосування намотувальних машин, клею, приварювання кінцевого шару стрічки, встановлення пружних кілець, баластів і т.п. Кільця завдяки їх внутрішній структурі, яка утворена холодним прокатуванням чи волочінням труб, мають міцність, вищу за міцність початкового литого металу;

- обертання маховика можливе у будь-якому напрямі і не залежить від напрямку навівання гнучкого елемента – стрічки чи дроту;

- можливість застосування різних технологічних процесів складання запропонованого маховика з натягом – термічного чи запресування;

- кільця різної товщини можуть бути виготовлені з різноманітних металевих або неметалевих матеріалів, що розширює можливості підбору потрібних конструктивних й енергетичних параметрів маховика.

Описаний маховик може знайти широке використання у приводі вітчизняного ковальсько-штампувального обладнання для приведення в рух кривошипних пресів, механічних ножиць, горизонтально-кувальних та горизонтально-згинальних машин і ковальсько-штампувальних автоматів з маховичним приводом, коли штампувальна галузь промисловості України відродиться і почне працювати на повну потужність.

Результати цієї науково-пошукової роботи направлені 21.01.2013 року у місто Харків до Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» для участі у II турі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук у 2012/2013 навчальному році з галузі науки «Прикладна геометрія, інженерна графіка та ергономіка» і використовуються у навчальному процесі при викладанні студентам I курсу дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка».

НОВА БЕЗМУФТОВА СИСТЕМА ВМИКАННЯ КРИВОШИПНОГО ПРЕСА ІЗ ПЕРЕСУВНИМ ФІКСАТОРОМ

*Запорожченко В. С., доцент; Харченко О. В., студент;
Яценко А. О., студент*

Безмуфтовий привод кривошипних пресів дозволяє спростити конструкцію і зменшити вартість системи вмикання, а також підвищити надійність її роботи. За останні роки в СумДУ розроблено багато оригінальних безмуфтових систем вмикання (БСВ) з поворотною ексцентриковою втулкою. Одна з розроблених систем безмуфтового преса з циліндричним фіксатором, яка захищена патентом України № 68834 і прийнята за прототип, спрацьовує при пересуванні фіксатора між кривошипним валом та шатуном усередині ексцентрикової втулки. Її недоліком є те, що циліндричний фіксатор з фланцем займає багато місця всередині ексцентрикової втулки, міцність якої суттєво зменшується через наявність порожнини значного діаметра.

З метою усунення зазначеного недоліку розроблена нова конструкція БСВ з розміщенням із зовнішнього боку ексцентрикової втулки пересувного фіксатора разом з силовим циліндром. В останньому встановлено пружину стиснення під поршнем з двобічним виходом штока, згори до якого прикріплено фіксатор, а знизу – рухомий упор. На шатуні розміщено нерухомий упор з пружним елементом-демпфером. Заявлена система вмикання працює наступним чином. При відсутності подачі енергоносія у робочу порожнину силового циліндра його поршень під дією пружини стиснення знаходиться у верхньому положенні. Ексцентрикова втулка обертається разом з кривошипним валом, так як вони з'єднані пересувним фіксатором, західна частина якого знаходиться у заглибленні кривошипного вала, а повзун залишається нерухомим у крайньому верхньому положенні. Для вмикання робочого ходу преса підводиться енергоносій, наприклад стиснене повітря, у робочу порожнину силового циліндра. Це приводить до стискання пружини і опускання поршня разом з рухомим упором униз. Останній упирається в нерухомий упор на шатуні і зупиняє ексцентрикову втулку. При подальшому обертанні кривошипного вала повзун здійснює поступальний рух униз, виконує технологічну операцію штампування і підіймається вгору. Після вимикання силового циліндра або при аварійному припиненні підведення енергоносія пружина підіймає поршень разом з фіксатором та рухомим упором вгору. Пересувний фіксатор заходить у заглиблення кривошипного вала і з'єднує його з ексцентриковою втулкою. Вони знову починають вхолосту обертатися разом, а повзун преса зупиняється у крайньому верхньому положенні, в якому утримується пневматичним урівноважувачем. Далі цикл роботи БСВ повторюється.

Розроблена конструкція системи вмикання кривошипного безмуфтового преса характеризується простотою налагодження і ремонту, зменшеною вартістю та надійністю у роботі. Тому підготовлено матеріали для подачі до Укрпатенту заявки на нове технічне рішення у співпраці зі студентами.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ОСНОВНЫМ ПОНЯТИЯМ СТАТИКИ

Жулёв А. А., студент, СумГУ; Колесник В. А., руководитель центра научно-технического творчества ГПТУЗ «Сумский профессиональный химико – технологический лицей»

Теоретическая механика имеет большое значение в подготовке инженерных кадров. Она является фундаментом для изучения таких дисциплин как сопротивление материалов, теория колебаний, гидравлика, теория механизмов и машин. Знание основных понятий и законов теоретической механики дает возможность научно предвидеть ход процессов в новых задачах, возникающих при развитии науки, техники и технологий.

Таким образом, при обучении студентов инженерных специальностей весьма важно показать практическую интерпретацию понятий и законов теоретической механики, что будет способствовать более глубокому пониманию учебного материала.

Для достижения поставленной цели был создан учебный стенд для наглядного представления основных понятий теоретической механики - раздела статика. Данный стенд состоит из тела, шесть пружин, которые имитируют силы. Каждая пружина имеет крепления и шкалы. Пружины служат для демонстрации понятия силы (точка приложения силы, величина вектора силы, линия действия силы). На стенде возможна реализация систем плоских сходящихся и произвольно-расположенных сил, условия равновесия систем сил, пара сил, момента силы относительно точки и оси.

На данном стенде были реализованы шесть схем: аксиома равновесия двух сил, аксиома о параллелограмме сил, теорема о трех силах (см. рисунок), теорема о параллельных силах, момент силы относительно точки, пары сил.

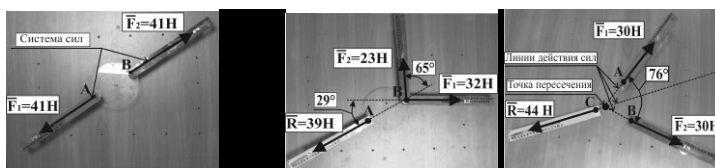


Рисунок - Иллюстрация схем, реализованных на стенде

Для создания стенда использовались пружины растяжения, которые были рассчитаны в соответствии с ГОСТ 9389-75. Был проведен расчет жесткости, максимальной деформации, силы, диаметра проволоки и количества витков.

Были проведены эксперименты по установлению зависимости между деформацией и приложенным усилием. Было обнаружено, что пружины имеют предварительную деформацию, вызванную производственными технологическими факторами. Разработанный стенд с небольшими погрешностями показал хорошие результаты и может быть использован для учебных целей.

СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА УСИЛИЙ СТЕРЖНЕЙ В ПЛОСКОЙ РАМЕ

*Рапута М. В., учащийся, Центр детского и юношеского творчества,
г. Белополье; Жулёв А. А., студент, СумГУ*

Целью работы было создание компьютерной программы для расчета плоской системы сходящихся сил (рисунок). Рассмотрено два типа задач. Был составлен алгоритм расчета, включающий в себя ввод данных, к которым относилась сила F , угол A , длины l_1 и l_2 . Далее определялись опорные реакции – вертикальные и горизонтальные. Намечался порядок вырезания узлов. Определялись усилия в элементах фермы. Составление алгоритма способствовало более осмысленному составлению программы. Программа составлена на языке Pascal. Сначала в тексте программы производится объявление всех переменных и указывается их тип. Далее команда «Begin» запускает выполнение программы. На экран выводятся указания к вводу исходных данных, и считывается введенная информация. Выполняется вычисление опорных реакций по выведенным зависимостям, а затем производится проверка. Результаты проверки выводятся на экран. В случае выполнения проверки выводятся результаты расчетов опорных реакций и усилий в узлах. Далее производится проверка вычислений в узле n_5 , по результатам которой осуществляется либо завершение программы, либо запуск сначала.

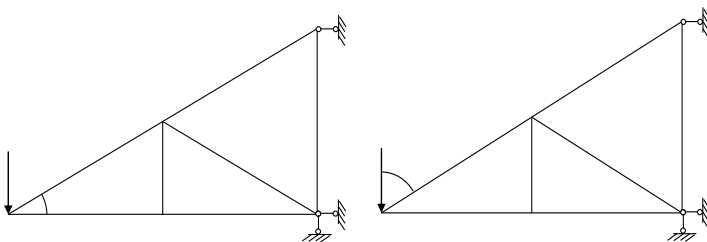


Рисунок – Схема нагружения плоской рамы

Усилия в элементах фермы (верхнем, нижнем поясе, решетке) определялись способом «вырезания» узлов с использованием универсального метода сечения. Предварительно намечался порядок вырезания узлов и определялись опорные реакции.

ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ СИЛОВИХ ФАКТОРІВ У ПРОСТОРОВОМУ ЛАМАНОМУ БРУСІ

*Чепуренко І. О., учень, Центр дитячої та юнацької творчості, м. Білопільля;
Скорик А. В., аспірант, СумДУ*

Розглянуто 3 варіанти ламаного бруса, які відрізнялись схемою завантаження, розташуванням жорсткого закріплення, а також конфігурацією стержнів.

Вирішення задачі розпочиналось з визначення розрахункової схеми для кожного бруса. Складалась система з 6 незалежних рівнянь статики та визначались опорні реакції.

Для задачі 1 у 6-ти характерних перерізах бруса визначались внутрішні силові фактори. Це дозволяє визначити вид деформації стержнів бруса.

Наприклад, у перерізі II діє поперечна сила Q_y , згинальний момент M_y та обертаючий момент M_z . Виходячи з цього, можна сказати, що цей стержень сприймає деформацію поперечного вигину та кручення.

Розвитком цієї задачі може бути побудова епюр.

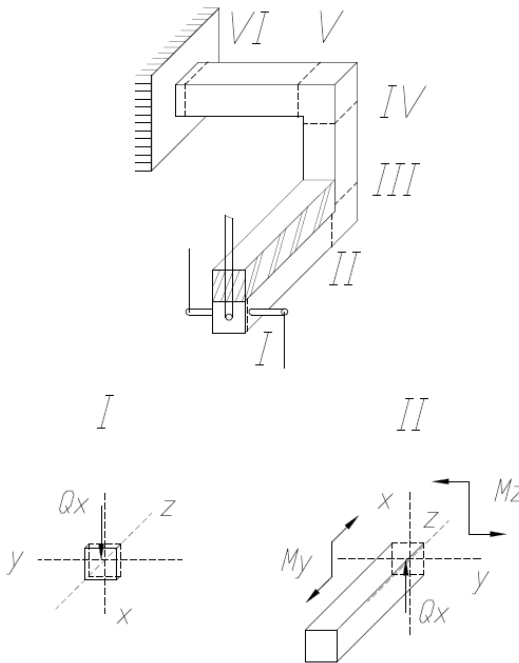


Рисунок – Конструктивна схема ламаного бруса та внутрішні силові фактори в характерних перерізах

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР СПОСОБА НАХОЖДЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ СЛОЖНОГО СЕЧЕНИЯ

Юрко И. В., аспирант, СумГУ; Рыков А. Г., учащийся, школа № 12, г. Сумы

Определения центра тяжести (ц.т.) используется в многочисленных задачах механики. Например, сопротивление стержня различным видам деформации часто зависит не только от материала и размеров, но и от формы поперечного сечения. Зачастую элементы конструкции имеют плоское, симметричное сечение простой формы либо составленное из прокатных профилей. В таких случаях определение центра тяжести не представляет собой сложную задачу. В иных случаях, когда поперечное сечение имеет сложное очертание, выбор способа определения центра тяжести является важной задачей.

Целью работы был оптимальный выбор способа нахождения центра тяжести сложного сечения.

Рассмотрены следующие способы нахождения центров тяжести: аналитический, графический и экспериментальный. Аналитический способ представлен тремя методами: метод разбиения, метод отрицательных площадей и по формуле Грина. Суть первого метода состоит в разбиении сложного сечения на простые, для которых известны координаты центра тяжести и дальнейшее вычисление по формулам:

$$x_c = \frac{\sum x_i \cdot A_i}{\sum A_i} \text{ и } y_c = \frac{\sum y_i \cdot A_i}{\sum A_i}, \quad (1)$$

где x_c и y_c – координаты центра тяжести сложной фигуры, x_i и y_i – координаты ц.т. простых фигур, A_i – площади простых фигур.

Метод отрицательных площадей является частным случаем метода разбиения и применяется к сечениям, имеющим вырезы. Преимуществом данных методов является простота расчета при небольшом количестве разбиений. При наличии произвольного контура сложного сечения целесообразно применять модифицированную формулу Грина. Для определения ц.т. первоначально определялись координаты точек контура сечения x_i и y_i и использовались следующие формулы:

$$x_c = \frac{1}{3} \frac{\sum_{i=1}^N (x_{i+1}y_i - x_iy_{i+1})(x_{i+1} + x_i)}{\sum_{i=1}^N (x_{i+1}y_i - x_iy_{i+1})}; \quad y_c = \frac{1}{3} \frac{\sum_{i=1}^N (x_{i+1}y_i - x_iy_{i+1})(y_{i+1} + y_i)}{\sum_{i=1}^N (x_{i+1}y_i - x_iy_{i+1})}. \quad (2)$$

В заключении представлены алгоритмы решения и выделены основные преимущества и недостатки каждого из способов. На основании проделанной работы можно сделать вывод, что наиболее оптимальным является определение центра тяжести сложной фигуры по формуле Грина.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ ГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ (СИЛОВЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ И ДИАГРАММОЙ МАКСВЕЛЛА-КРЕМОНЫ)

Микуша Д. А., студентка, СумГУ;
Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ

Как известно, существуют аналитические и графические способы определения усилий в верхнем и нижнем поясе, элементах решетки фермы. В данной работе рассмотрены только графические. Общее для двух способов - использование масштабов: линейного и силового.

Кратко остановимся на способе «силовых» многоугольников.

- выбирается масштаб: линейный и силовой;
- вычерчивается в принятом масштабе ферма и внешние силы;
- предварительно определяются величины и направление опорных реакций V_A, V_B, H_A ;
- выполняется проверка их нахождения;
- намечается порядок рассмотрения узлов фермы (вначале рассматривается узел, к которому сходятся не более двух неизвестных усилий – N_i, N_r).

Следует помнить, что аналитических условий равновесия два, а геометрических – одно – замкнутость силового многоугольника. Порядок построения таков: в начале каждого вектора вкладывался конец предыдущего.

При построении диаграммы Максвелла-Кремоны обозначались внутренние и внешние контуры ферм (1, 2, 3, 4, ...) (а, б, в, г, д, ...).

Построение начиналось со внешних силовых факторов F_i, V_A, V_B, H_A . Обход узлов аналогичен способу «силовых» многогранников. Найденные усилия обозначались (1,2), (3,4), а1, б1 и т. д. Особое внимание следует обратить на параллельность проведения линий: верхнего и нижнего пояса, решетки, фермы.

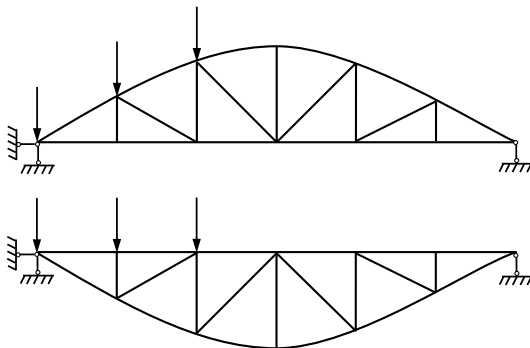


Рисунок - Схема загрузки

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИН УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ЗАГРУЖЕНИЯ

*Якушка Н. Н., учащийся, Центр детского и юношеского творчества,
г. Белополье; Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ*

Рассматривалась консольная ферма, относящаяся к плоской системе сходящихся сил. Вначале, при заданных размерах L , H изменялось положение силы F , приложенной в узле под некоторыми углами. Затем, не изменяя положение силы F (вертикальное) изменялся угол (α) между верхним и нижним поясом фермы, с границей (10°). Усилия определялись аналитическим методом: способом «вырезания» узлов и способом «моментной» точки. Предварительно намечался порядок вырезания узлов и определялись опорные реакции в шарнирно-подвижной опоре. Для каждого случая расчета вычислялись внутренние углы между стержнями фермы. С целью большей наглядности найденные усилия (N_i) показаны на схеме фермы, считая, что деформация растяжения направлена от сечения, а деформация сжатия - к сечению. Использовался универсальный метод сечений. Отмечалось существенное различие между двумя способами определения усилий, с точки зрения количества составления независимых уравнений статики, особенности применения двух способов в зависимости от расчетной схемы фермы.

Строились графики внутренних силовых факторов (N). В аксонометрических проекциях показаны различные значения усилий во всех элементах фермы с целью выбора самой неблагоприятной схемы загрузки для двух типов задач.

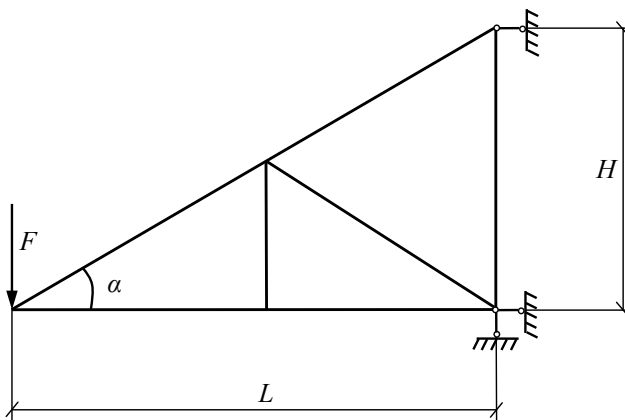


Рисунок - Схема загрузки

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПОР ПРИ РАСЧЕТЕ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ

*Литовченко В. Н., учащийся, Центр детского и юношеского творчества,
г. Белополье; Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ*

Из представленных четырех задач направление и приложение внешних силовых факторов не изменялось.

Расположение опор – шарнирно-подвижной и шарнирно-неподвижной выполнялось в различных частях рамы. Поскольку задачи относились к плоской системе произвольно расположенных сил, для определения опорных реакций (V_A , V_B , H) необходимо составить три независимых уравнений статики ($\Sigma y=0$, $\Sigma M_B=0$, $\Sigma z=0$). Проверка вычисления выполнялась двумя способами: либо $\Sigma M_A=0$, либо $\Sigma M_C=0$. Точка С выбиралась в любой точке рамы: стойка или ригель. Особый интерес вызывает нахождение вида и характера деформации как всей рамы, так и отдельных ее элементов, что очень важно при построении эпюр: поперечных сил, изгибающих моментов, продольных усилий.

Проводился анализ найденных величин опорных реакций в точках А и В при расположении их в различных элементах рам.

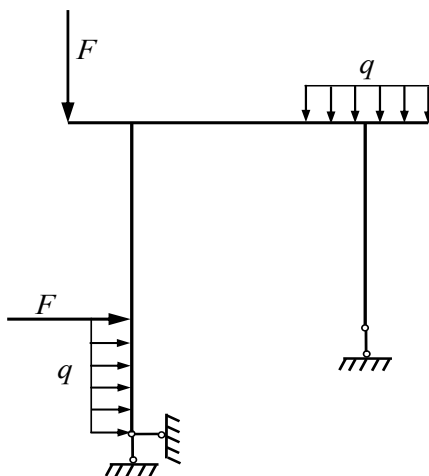


Рисунок - Схема нагружения

СОПОСТАВЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ЗАГРУЖЕНИЯ

*Яковлев М. Н., учащийся, школа № 2;
Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ*

Рассмотрены две одинаковые расчетные схемы форм, с вертикальным и горизонтальным нагружением силой F . Вначале определялись опорные реакции V_A , H_A , V_B . Выполнялась проверка вычислений $\Sigma y=0$. Усилия определялись двумя аналитическими способами: вырезания узлов и моментной точкой.

Рассматривая первый способ, необходимо отметить, что для каждого узла составлялось два независимых уравнения статики: $\Sigma X=0$, $\Sigma y=0$, поскольку ферма относится к плоской системе сходящихся сил. Определение усилий (N_i) начиналось с узла, в котором сходятся не более двух стержней. После определения усилий на схеме фермы наносились найденные усилия, считая направленные от узла положительными (осевое растяжение) и к узлу - отрицательными (осевое сжатие). Проверка найденных усилий может выполняться другим аналитическим способом – моментной точкой. Принципиальные отличия от первого способа – составление трех независимых уравнений статики ($\Sigma M_1=0$, $\Sigma M_2=0$, $\Sigma M_3=0$). После сопоставления найденных усилий в стержнях фермы различными способами намечалась оптимальная схема нагружения внешними силовыми факторами с целью уменьшения величин внутренних силовых факторов.

При расчетах, считалось, что в узлах фермы условно располагались нагрузки. Необходимо отметить на недопустимость приложения F не в узлах фермы, что приведет к изменению вида и характера элементов фермы.

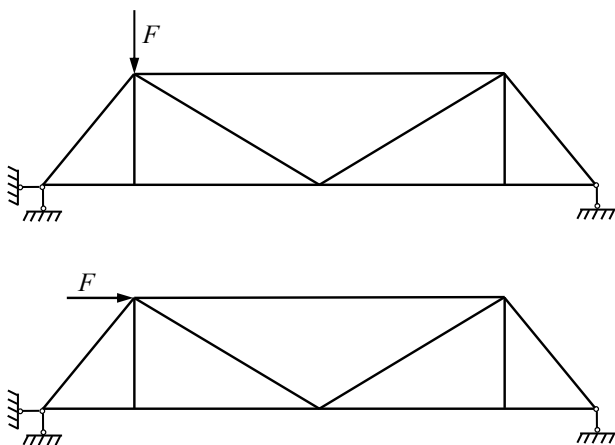


Рисунок - Схема нагружения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ В МНОГОПРОЛЕТНОЙ, ШАРНИРНО-КОНСОЛЬНОЙ БАЛКЕ

*Тесленко А. С., учащийся, Центр детского и юношеского творчества,
г. Белополье; Лисовенко Д. В., студент, СумГУ;
Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ*

Рассмотрены четыре многопролетных балки. Вначале определялась степень статической неопределимости по формуле $L=C_{\text{он}}-3$. Наличие шарниров в теле балки дает возможность составить дополнительные уравнения статики.

Расчет велся двумя способами. Вначале строилась поэтапная схема балки, т.е. вся многопролетная балка разбивалась на простые. К ним относятся: основные, передаточные и подвесные. Вначале опорные реакции определялись в верхних балках, затем в нижних. Направление опорных реакций, найденных в верхних балках менялось на противоположные при расчете нижних балок. Затем выполнялась проверка найденных опорных реакций $\Sigma y=0$.

Второй способ заключался в составлении алгебраической суммы моментов относительно шарниров, расположенных в теле балки для левой или правой ее частей. Проверка может выполняться путем составления алгебраической суммы моментов всех внешних и внутренних силовых факторов относительно любой точки многопролетной балки.

Предложена проверка расположения шарниров в многопролетной балке:

- во всех пролетах, кроме одного, можно располагать по одному шарниру,
- в одном пролете можно располагать не более двух шарниров.

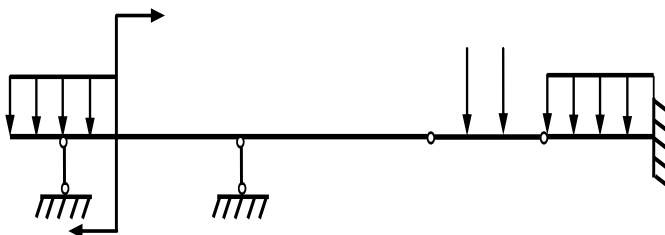


Рисунок - Схема нагружения

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ СИЛ

*Грицун Д. В., студент, СумГУ;
Смирнов В. А., директор центра НТТУМ, СумГУ*

Каждая пространственная система состоит из одной горизонтальной плоскости и двух вертикальных, соединенных между собой. Опорами для них являются: сферический шарнир, цилиндрический шарнир и шарнирно подвижная связь. Загрузка представлена в виде сосредоточенных сил, распределенной нагрузки и пары сил. Для каждой задачи менялось расположение опор. Всего рассматривалось четыре задачи. Для данной пространственной системы составлялось шесть независимых уравнений статики, три из которых - алгебраическая сумма проекций сил на пространственные ортогональные оси x , y , z , и три - алгебраическая сумма моментов сил относительно осей x , y , z . Решение уравнений было представлено в матричной форме. Все результаты сведены в таблицу и представлены в графическом режиме в аксонометрических проекциях. На основании найденных величин реакций в опорах вырисовалась оптимальная схема загрузки, приведенная на рис. 1.

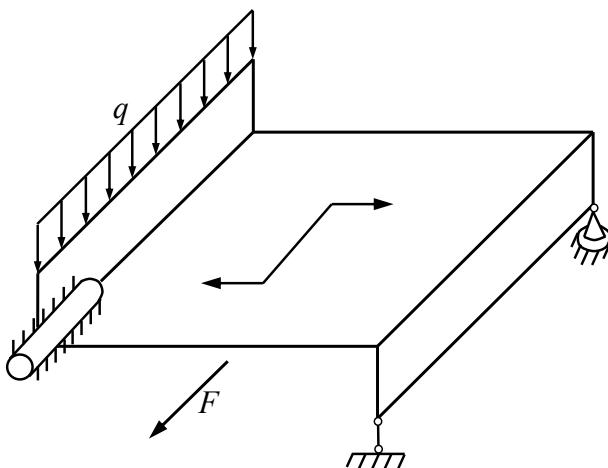


Рисунок - Схема загрузки

ПОСТРОЕНИЕ ОДНОМАССОВОЙ МОДЕЛИ РОТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ВЛИЯНИЕ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ.

Криворучко С. В., студент

Для исследования сложных динамических нелинейных процессов роторов центробежных машин в настоящее время стали применять дискретные многомассовые модели высокого порядка. Однако усложнение модели, позволяющее учесть всё более точно те или иные особенности реального объекта, приводит к проблемам численной реализации. Поэтому представляет интерес максимально возможное упрощение модели, учитывающей, с одной стороны, качественные особенности поведения объекта, с другой – не приводящей к ошибкам вычислений. Совместное использование сравнительно сложных и более простых математических моделей полезно как с точки зрения взаимного контроля, так и возможностей обобщения выявленных закономерностей.

В данной работе рассмотрена одномассовая модель ротора центробежного насоса, которая имеет сравнительно небольшой порядок (а именно шестой) системы дифференциальных уравнений, но в то же время позволяющая учесть совместное влияние как подшипников скольжения, так и щелевых уплотнений роторов центробежных насосов. Сопоставление с более точной моделью 18-го порядка, рассмотренной А. Хализевой, показало, что предложенная модель может служить эффективным инструментом для качественного анализа динамики роторов центробежных насосов.

Работа выполнена под руководством профессора Симоновского В. И.

**ОПІР МАТЕРІАЛІВ
ТА МАШИНОЗНАВСТВО**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Каринцев И. Б., профессор

В последние годы для строительства трубопроводов все большее применение находят стеклопластиковые трубы, обладающие высокой прочностью, коррозионной стойкостью, небольшим удельным весом и сравнительно низкой трудоемкостью. Тем не менее, многие вопросы до сих пор остаются мало изученными. К таким вопросам можно отнести поведение стеклопластиковых труб в условиях повышенных температур.

Как известно, стеклопластик представляет собой композиционный материал, состоящий из армированного материала – стекловолокна и синтетического связующего (матрицы). Если высокопрочное стекловолокно обладает упругими и пластическими свойствами, то связующий материал – в основном пластическими. Именно, последний оказывает вязкое сопротивление стеклянным волокнам, которые стремятся расположиться по направлениям траектории главных напряжений при деформации тела под действием внешних сил. При этом величина вязкого сопротивления определяется в значительной мере температурой и скоростью нагружения. С увеличением температуры вязкое сопротивление будет уменьшаться, что приведет к уменьшению поддерживающего действия связующего материала, т.е. к уменьшению прочности.

Для установления закономерностей прочности и деформативности были исследованы на растяжение цилиндрические образцы ($d=10\text{мм}$), вырезанные вдоль оси стеклопластиковой трубы с внутренним диаметром 312 мм и толщиной стенки 15 мм. При изготовлении трубы были использованы: армирующий материал-стеклоровинг, смола-эпикот 828, отвердитель-МТИРА, ускоритель-УП-606/2. Содержание связующего-24,5%, степень отверждения-91%, коэффициент анизотропии-2.

Испытания проводились на универсальной испытательной машине УМЕ-10ТМ, позволившая получить графики изменения нагрузки от деформаций при температурах 20°C и 150°C . Анализ полученных зависимостей показал уменьшение предела прочности на растяжение с 220 до 50 МПа.

Кроме того, было исследовано для данного стеклопластика влияние температуры на модуль упругости. Если при нормальной температуре модуль упругости составлял $E=24000\text{ МПа}$, то при $t=150^{\circ}\text{C}$ он составил 12500 МПа.

Проведенные исследования, в конечном счете, позволят определить оптимальный состав синтетического связующего, при которых стеклопластиковые трубы будут работать более эффективно при повышенных температурах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ШАРНИРА РУЛЕВОЙ ТЯГИ

Каринцева А. И., зав. лабораторией

Испытания шарнира рулевой тяги проводилось по заказу Роменского завода "Тракторозапчасть". Эти испытания показали, что наиболее слабым звеном являются вкладыши шарового пальца, изготовленные из полиуретана. Поэтому основное внимание было уделено исследованию физико-механических свойств полиуретана.

Как известно, полиуретановые эластомеры характеризуются высокими значениями прочности и сопротивлением раздиру, износостойкостью, а также устойчивостью к набуханию в различных маслах и растворителях.

Физико-механические свойства, к сожалению, изменяются в очень широких пределах и зависят от природы и длины участков цепи между уретановыми группами, структуры цепей, молекулярной массы и степени кристалличности.

Одним из важных показателей полиуретана является твердость, повышенное значение которого позволяет его использовать для целей, работающих с особо сильным механическим нагружением, как в нашем случае. Так, твердость по шкале Шора А (ГОСТ 267-7) составила 82 единицы. В соответствии с ГОСТ 17177-45 была определена плотность полиуретана, которая составила $\rho = 1,114 \text{ г/см}^3$ или $\rho = 111,4 \text{ кг/м}^3$.

Для определения разрушающего напряжения были изготовлены 2 кольцевых образца, которые были испытаны на растяжение с использованием специального приспособления. Границы прочности составили 20,1 мПа. Относительное удлинение при разрушении составило 480%.

Испытания на износостойкость проводилось на установке СМТ-1. Были изготовлены 2 образца в форме полувкладыша (длина 22 мм, ширина 15,5 мм, высота 7,2 мм, радиус 48 мм) Площадь контакта $42,6 \text{ мм}^2$.

В качестве контакта использовалась втулка из стали 45 с твердостью 45 HRC. Были приняты: скорость $n = 270 \text{ об/мин}$, нагрузка 4,8 кг (48 Н), время испытания - 30 мин, время приработки - 10 мин. Для заданной скорости и нагрузки интенсивность износа составила $259 \cdot 10^{-7} \text{ мм}^3/\text{Нм}$.

Полученные данные позволили заводу составить сертификат на выпускаемую продукцию.

РЕГУЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЖАТОЙ ОДНОПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ

Корсун М. Г., преподаватель, КИ СумГУ, г. Конотоп

Регулирование устойчивости упругих стержневых систем с центрально-сжатыми элементами (при потере устойчивости первого рода) может быть достигнуто путем изменения геометрической схемы, связей между ними или другими способами.

В настоящей работе рассматривается устойчивость сжатой однопролетной балки, подкрепленной промежуточной опорой. Задача заключается в определении наиболее эффективного расположения промежуточной опоры. Для составления канонического уравнения воспользуемся методом перемещений.

Для узла 1 оно будет иметь вид

$$r_{11}z_1 = 0,$$

где z_1 – линейное смещение узла 1;

r_{11} – реакция в узле 1, вызванная единичным смещением.

Каноническое уравнение будет удовлетворяться при $r_{11} = 0$, либо при $z_1 = 0$. Первый из этих вариантов соответствует форме потере устойчивости с меньшим числом полуволн и, следовательно, меньшей критической силе.

Таким образом, приходим к уравнению устойчивости

$$r_{11} = 3 \frac{EI}{\ell_1} \varphi_1(v_1) + 4 \frac{EI}{\ell_2} \varphi_2(v_2) = 0,$$

где $v_1 = \ell_1 \sqrt{P_{кр}/EI}$;

$$v_2 = \ell_2 \sqrt{P_{кр}/EI},$$

Здесь приняты обозначения:

$P_{кр}$ – критическая сила;

I – момент инерции сечения стержня;

E – модуль упругости стержня; ℓ_1, ℓ_2 – длины участков.

Уравнения устойчивости решалось методом подбора. На пересечении двух кривых определялось наиболее эффективное расположение промежуточной опоры, которое составило

$$\frac{\ell_1}{L} = 0,385.$$

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕМЕНТНОГО КОЛЬЦА В БУРОВОЙ СКВАЖИНЕ

Каринцев И. Б., профессор; Жулев А. А., студент

Рассмотрена задача о напряжениях в цементном кольце вокруг обсадной колонны. При этом полагалось, что горные породы и цементный камень в заколонном пространстве — тела линейно-упругие. В качестве пружинной нагрузки принималось внутреннее давление в колонне, которое зависит от изменения в ней уровня жидкости. Внутреннее давление считалось независимым переменным; его начальное значение принималось равным гидростатическому давлению бурового и цементного растворов до затвердения последнего и давлению на устье. При этом цементируемая эксплуатационная колонна свободна от внешних сил.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что влияние параметров системы обсадная колонна – цементный камень – порода существенно сказывается на величине контактного давления.

Для оценки влияния глинистой корки рассматривалась система обсадная труба - цементное кольцо - глинистая корка - горный массив. Зависимость контактных давлений P_2 и P_3 от толщины глинистой корки представлена на рисунке. При уменьшении толщины глинистой корки наблюдается сильное снижение контактного давления, при этом давление между поверхностями цементного кольца и глинистой корки и между глинистой коркой и породой практически не отличается. При наличии глинистой корки толщиной в 1 мм происходит снижение контактного давления в 3 раза.

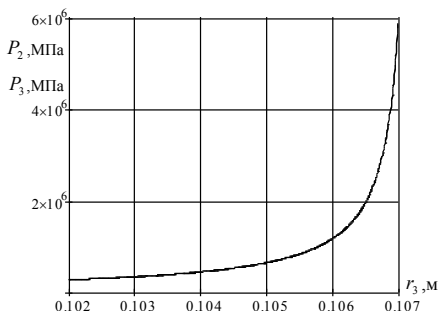


Рисунок – Зависимость контактного давления от внутреннего радиуса глинистой корки ($r_3 = 0.102$ м - толщина корки 5 мм, $r_3 = 0.107$ м - отсутствие глинистой корки)

Анализ полученных результатов показывает, что наличие глинистой корки и ее толщина оказывает существенное влияние на герметичность скважины.

ВЛИЯНИЕ ЭКСЦЕНТРИЧНОСТИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛЬЦА СКВАЖИНЫ

Каринцев И. Б., профессор; Жулев А. А., студент

От качества цементировочных работ существенно зависит эффективность работы буровых скважин, а именно их прочность и герметичность в процессе эксплуатации. Значительное влияние оказывает конфигурация цементного камня в заколонном пространстве скважины.

При бурении скважин в результате взаимодействия со стенками ствола скважины элементов бурильной колонны при продольном и поперечном перемещениях, вибрации, а также упругой деформации бурильного инструмента от сжимающих нагрузок и крутящих моментов в необсаженной части ствола скважины образуются выработки в виде желобов и каверн.

В частности, среди основных причин негерметичности крепи скважин выделяют эксцентричное расположение эксплуатационной колонны относительно стенок скважины.

В данной работе рассматривается влияние эксцентриситета кольца на распределение напряжений. Проводится сравнение распределения напряжений радиальных и окружных (см. рисунок) напряжений в эксцентричном и концентричном кольце.

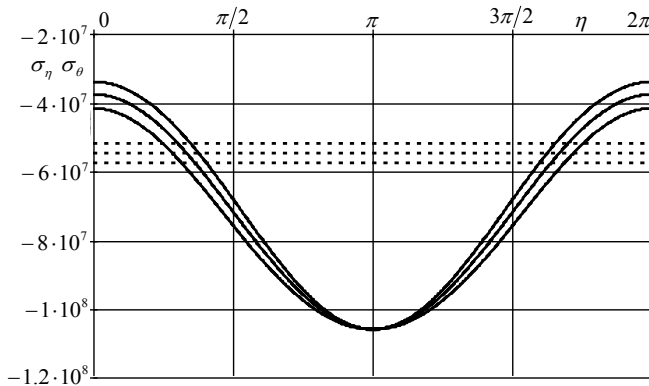


Рисунок – Распределение окружных напряжений в эксцентричном и концентричном кольце

Полученные результаты свидетельствуют о значительном изменении напряжений при наличии эксцентриситета. Следует обратить внимание также не только на увеличение напряжений в кольце, но и на уменьшение их. Так как при недостаточном контактном давлении между стенками скважины и цементным кольцом может произойти разгерметизация. При напряжениях выше расчетных возможно разрушение цементного кольца, образование вертикальных трещин, что также приведет к разгерметизации.

МЕХАНІЧНІ ТА ТЕМПЕРАТУРНІ НАПРУЖЕННЯ ПОРОЖНИСТОГО ЦИЛІНДРА СКІНЧЕНОЇ ДОВЖИНИ

*Верещака С. М., професор; Дейнека А. В., аспірант;
Мороз Ю. В., студент*

Використовуючи багаторівневий підхід, що оснований на теорії багат шарових композитів, знаходяться переміщення і теплові / механічні напруження в функціонально-градієнтному коловому порожнистому циліндрі. Для цього розв'язується двовимірною термопружна задача. Циліндр складається з N шарів, властивості кожного шару вважаються однорідними. Він вільно опирається на торцях та підданий осесиметричному стаціонарному тепловому навантаженню на внутрішній $T_a(z)$ та зовнішній поверхнях $T_b(z)$, осесиметричним внутрішньому $q_a(z)$ та зовнішньому тискам $q_b(z)$. На обох кінцях циліндра температура дорівнює нулю.

Для розв'язання поставленої задачі потрібно підставити функції напружень у рівняння рівноваги та рівняння теплопровідності. Аналітичні розв'язки системи диференціальних рівнянь, порядок якої залежить від кількості однорідних шарів N , знаходимо за допомогою розкладання в ряди Фур'є по косинусах і синусах функцій переміщень по поздовжній координаті циліндра та в ряди Тейлора функцій напружень у радіальному напрямі

$$\begin{aligned} \Theta^i(R, Z) &= \sum_{n=1}^{\infty} F_n^i(R) \sin(\beta_n Z); U^i(R, Z) = \sum_{n=1}^{\infty} \Phi_n^i(R) \sin(\beta_n Z); W^i(R, Z) = \sum_{n=0}^{\infty} \Psi_n^i(R) \cos(\beta_n Z) \\ \Phi_n^i(R) &= \sum_{k=0}^{\infty} A_k^i(R-1)^k; \Psi_n^i(R) = \sum_{k=0}^{\infty} B_k^i(R-1)^k; F_n^i(R) = \sum_{k=0}^{\infty} D_k^i(R-1)^k. \end{aligned}$$

Дану систему диференціальних рівнянь потрібно доповнити механічними та температурними граничними умовами та умовами ідеального контакту по суміжним поверхням сусідніх шарів циліндру. Вважається, що радіальні напруження й переміщення при переході через поверхню розділу шарів стрибка не мають.

Геометричні константи функціонально-градієнтного порожнистого циліндра $R_a = 0,7$, $R_b = 1,0$ і $L = 5$. Еталонні значення температури, модуль Юнга, і коефіцієнт теплового розширення приймалися $T_0 = 200$ К, $E_0 = 330$ ГПа, а $\alpha_0 = 4,9 \cdot 10^5$ K^{-1} відповідно. У зв'язку з неоднорідністю властивостей матеріалу у радіальному напрямі зміна температури не являється лінійною по товщині. Температура поблизу внутрішньої поверхні зменшується швидше ніж поблизу зовнішньої поверхні.

Проведені чисельні розрахунки для двох різних випадків функціонально-градієнтного колового циліндра, виконаного з молібдену та мулїту. Даний аналітичний метод підходить тільки для граничних умов, коли циліндр має умови вільного обпирання на торцях. В аналізі не розглядається вплив температури на властивості матеріалу.

МЕХАНІЧНІ ТА ТЕМПЕРАТУРНІ НАПРУЖЕННЯ
ПОРОЖНИСТОГО ЦИЛІНДРА СКІНЧЕНОЇ ДОВЖИНИ З
УРАХУВАННЯМ НЕІДЕАЛЬНОГО КОНТАКТУ МІЖ ШАРАМИ

*Верещака С. М., професор; Дейнека А. В., аспірант;
Шулумей А. В., студент*

На основі класичної теорії пружності анізотропного тіла досліджується напружено-деформований стан багатошарового циліндра скінченної довжини. Для урахування неідеального контакту по сполучених лицьових поверхнях сусідніх шарів, що володіють циліндричною анізотропією, складена система алгебраїчних рівнянь. Порядок системи рівнянь визначається кількістю сполучених шарів. Циліндр складається з N шарів. Він має умови вільного обпирання на торцях та підданий осесиметричному стаціонарному тепловому навантаженню на внутрішній та зовнішній поверхнях, осесиметричним внутрішньому та зовнішньому тискам. На обох кінцях циліндра температура рівна нулю.

Для розв'язання поставленої задачі потрібно підставити функції напружень у рівняння рівноваги та рівняння теплопровідності. Розв'язки зазначеної системи диференціальних рівнянь знаходимо за допомогою розкладання в ряди Фур'є по косинусах і синусах функцій переміщень циліндра по поздовжній координаті та в ряди Тейлора функцій напружень у радіальному напрямі

$$\begin{aligned} \Theta^i(R, Z) &= \sum_{n=1}^{\infty} F_n^i(R) \sin(\beta Z); U^i(R, Z) = \sum_{n=1}^{\infty} \Phi_n^i(R) \sin(\beta Z); \\ W^i(R, Z) &= \sum_{n=0}^{\infty} \Psi_n^i(R) \cos(\beta Z); \\ \Phi_n^i(R) &= \sum_{k=0}^{\infty} A_k^i(R-1)^k; \Psi_n^i(R) = \sum_{k=0}^{\infty} B_k^i(R-1)^k; F_n^i(R) = \sum_{k=0}^{\infty} D_k^i(R-1)^k. \end{aligned}$$

Дана система доповнюється механічними та температурними граничними умовами та умовами ідеального та неідеального контакту по суміжних поверхнях сусідніх шарів циліндру. При цьому між різницею переміщень у поздовжньому напрямку сполучених поверхонь сусідніх шарів

і дотичними напруженнями існує залежність $w^{i-1}(\eta_i, z) - w^i(\eta_i, z) = k^i \tau_{rz}^i$.

У загальному випадку k^i – заданий параметр. 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 двох різних випадків функціонально-градієнтного колового циліндра, виконаного з молібдену та мулїту. Даний аналітичний метод підходить тільки для граничних умов, коли циліндр вільно обпертий на торцях.

МЕТОД СКІНЧЕННИХ РІЗНИЦЬ У ЗАДАЧІ РОЗРАХУНКУ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНОЇ БАЛКИ

Брижик Д. С., студент; Жигилій Д. О., ст. викладач

Метод скінчених різниць є універсальним наближеним методом, що дозволяє з достатньою для практики точністю вирішувати широке коло завдань.

Сутність методу полягає в тому, що криву безперервної зміни аргументу, наприклад $w=w(z)$, замінюють скінченою (дискретною) множиною точок (вузлів) і замість функції неперервного аргументу розглядають функції дискретного аргументу, визначені в вузлах і звані вузловими функціями. Похідні, що входять в диференціальні рівняння, замінюють (апроксимують) відповідними різницевиими співвідношеннями, тобто лінійною комбінацією значень функцій у вузлах. При цьому диференціальні рівняння замінюються системою алгебраїчних рівнянь (різницевих рівнянь), а початкові і крайові умови - різницевиими початковими та крайовими умовами для вузлової функції.

В роботі розглянуті одновимірна задача опору балки, ліворуч шарнірно опертої, а праворуч жорстко затисненої, що знаходиться під дією розподіленого навантаження.

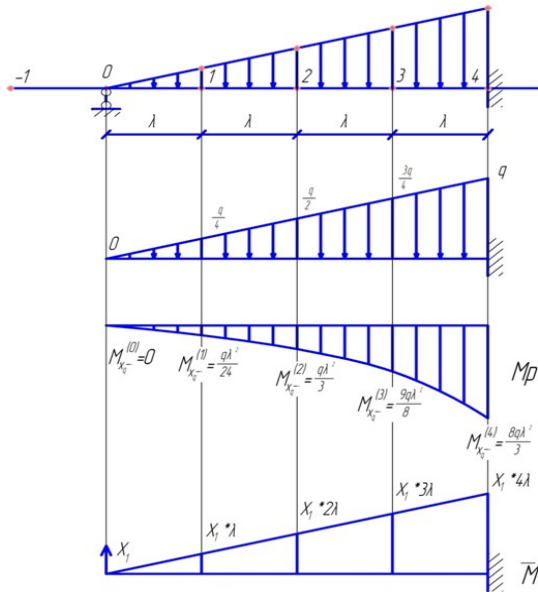


Рисунок - Розрахункова модель

Для розв'язання цієї статично невизначеної задачі скористаємося диференціальним рівнянням пружної лінії $\frac{d^2w}{dz^2} = -\frac{M_x}{EI_x}$. Невідомими є w_1, w_2, w_3 і реакція лівої опори X_1 .

Вирази для першої і другої похідних в точці за методом скінчених різниць:

$$\left. \frac{dw}{dz} \right|_i \approx \frac{\Delta w}{\Delta z} = \frac{w_{i+1} - w_{i-1}}{\lambda}$$

$$\left. \frac{d^2w}{dz^2} \right|_i \approx \frac{\Delta^2 w}{(\Delta z)^2} = \frac{(w_{i+1} - w_i) - (w_i - w_{i-1}))}{\lambda^2} = \frac{w_{i+1} - 2w_i + w_{i-1}}{\lambda^2}$$

Граничні умови такі: $w_0 = w_4 = 0$, $\left. \frac{dw}{dz} \right|_{z=z_4} = \frac{w_3 - w_3}{2\lambda} = 0$

Згинальні моменти приведені на рис. Метод скінчених різниць для диференціального рівняння пружної лінії в точках 1, 2, 3 та 4 запишеться:

$$w_1''(z) = \frac{w_0 - 2w_1 + w_2}{\lambda^2} = (M_{x_q}^{(1)} + X * \lambda) * \frac{1}{EI_x}$$

$$w_2''(z) = \frac{w_1 - 2w_2 + w_3}{\lambda^2} = (M_{x_q}^{(2)} + X * 2\lambda) * \frac{1}{EI_x}$$

$$w_3''(z) = \frac{w_2 - 2w_3 + w_4}{\lambda^2} = (M_{x_q}^{(3)} + X * 3\lambda) * \frac{1}{EI_x}$$

$$w_4''(z) = \frac{w_3 - 2w_4 + w_5}{\lambda^2} = (M_{x_q}^{(4)} + X * 4\lambda) * \frac{1}{EI_x}$$

$$X_1 = \frac{\frac{1}{3}M_{x_q}^{(1)} + \frac{4}{3}M_{x_q}^{(2)} + M_{x_q}^{(3)} + \frac{1}{2}M_{x_q}^{(4)}}{-8\lambda}$$

Звідси

Аналогічно можна розв'язати задачу на підставі рівняння, утвореного

підстановкою в диференціальне рівняння пружної лінії $\frac{d^2w}{dz^2} = -\frac{M_x}{EI_x}$ диференційного рівняння $q = \frac{d^2M_x}{dz^2}$. Отримавши $\frac{d^4w}{dz^4} = -\frac{q}{EI_x}$ додамо попередні граничні умови і аналогічно записані вирази для вищих похідних в точці і:

$$\left. \frac{d^3w}{dz^3} \right|_i \approx \frac{\Delta \left[\frac{d^2w}{dz^2} \right]}{\Delta z} = \frac{w_{i+2} - 2(w_{i+1} - w_{i-1}) - w_{i-2}}{2\lambda^3}$$

$$\left. \frac{d^4w}{dz^4} \right|_i \approx \frac{\Delta^2 (\frac{d^2w}{dz^2})}{(\Delta z)^2} = \frac{\Delta^2 (w_{i+1} - 2w_i + w_{i-1}))}{\lambda^4} = \frac{w_{i+2} - 4w_{i+1} + 6w_i - 4w_{i-1} + w_{i-2}}{\lambda^4}$$

та

З наведених результатів видно, що розбіжність в порівнянні з точним розв'язанням незначне. При вирішенні більш складних завдань треба вибирати більш дрібний крок, що приведе до більшої розмірності системи рівнянь.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СТРИЖНЯ МЕТОДОМ РЕЛЕЯ-РІТЦА

Заїкіна М. Л., студентка; Жигилій Д. О., ст. викладач

Зазвичай задачі на стійкість при повздовжньому стисканні стержнів вирішуються інтегруванням диференціальних рівнянь, а також за допомогою засобів, на основі аналогій диференціальних рівнянь. Якщо точно інтегрування диференціальних рівнянь ускладнене, можна інтегрувати їх з наближенням. Визначимо функцію (інтеграл рівняння), яка буде задовольняти граничним умовам і мінімізувати потенційну енергію, скориставшись методом Релея-Рітца.

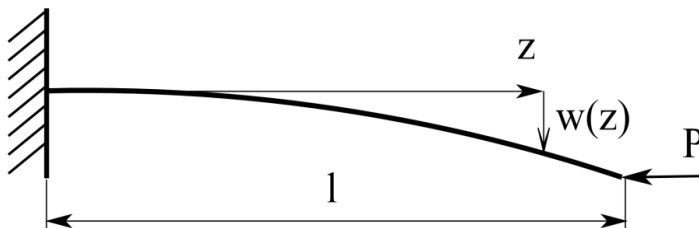


Рисунок - Розрахункова модель

Візьмемо поліном другого порядку:

$$\omega = Az^2 + Bz + C$$

З граничних умов (при $x = 0$ прогин $\omega = 0$; при $x = 0$ похідна $\omega' = 0$; при $x = l$ прогин $\omega = \delta$) маємо $C = B = 0$; $A = \frac{\Delta}{l^2}$. Тому

$$\omega = \frac{\Delta}{l^2} z^2$$

Складемо вираз для потенційної енергії:

$$U = \frac{EJ}{2} \int_0^l (\omega'')^2 dz = \frac{2EJ\Delta^2}{l^3}$$

Потенціал сили:

$$W = -P_{KP}^{\lambda}$$

де

$$\lambda = \frac{1}{2} \int_0^l (\omega')^2 dz,$$

або

$$\lambda = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{2\Delta z}{l^2} \right)^2 dz = \frac{2\Delta^2}{3l},$$

тоді

$$\Pi = \frac{2EJ\Delta^2}{l^3} - \frac{2P_{KP}\Delta^2}{3l}.$$

Умови стаціонарності потенційної енергії такі:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \Delta} = \frac{4EJ\Delta}{l^3} - \frac{2P_{KP}\Delta}{3l} = 0$$

Взявши за початковий поліном, поліном третього ступеню

$$\omega = Az^3 + Bz^2 + Cz + D$$

Граничні умови такі: при $x = 0$ прогин $\omega = 0, \omega' = 0$; при $x = l$ прогин $\omega = \Delta, \omega'' = 0$. Звідси

$$D = C = 0; B = \frac{3\Delta}{2l^2}; A = -\frac{\Delta}{2l^3}$$

$$\text{тоді} \quad \omega = \frac{\Delta}{2l^3} (2lz^2 - z^3)$$

Аналогічно, отримаємо

$$U = \frac{3EJ\Delta^2}{2l^3}; \lambda = \frac{3\Delta^2}{5l}; P_{KP} = \frac{5EJ}{2l^2}$$

Що тільки на 1,3% вище точного рішення.

Якщо ω виражається як сума квадратної та кубічної парабол:

$$\omega = \frac{\Delta_1 z^2}{l^2} + \frac{\Delta_2}{2l^3} (3lz^2 - z^3)$$

де Δ_1 і Δ_2 – невідомі параметри.

Аналогічно отримаємо

$$u = \frac{EJ}{2l^3} (4\Delta_1^2 + 6\Delta_1\Delta_2 + 3\Delta_2^2)$$

$$\lambda = \frac{1}{60l} (40\Delta_1^2 + 75\Delta_1\Delta_2 + 36\Delta_2^2)$$

Мінімізуючи отримаємо

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \Delta_1} = \frac{EJ}{l^3} (4\Delta_1 - 3\Delta_2) - \frac{P}{12l} (16\Delta_1 - 15\Delta_2) = 0$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \Delta_2} = \frac{3EJ}{l^3} (\Delta_1 + \Delta_2) - \frac{P}{20l} (25\Delta_1 - 24\Delta_2) = 0$$

Визначник системи (визначник критичного стану) дорівнює нулю. Звідси

$$3P^2 - 104 \left(\frac{EJ}{l^2} \right) P + 240 \left(\frac{EJ}{l^2} \right)^2 = 0$$

$$P_{KP} = 2.486 \frac{EJ}{l^2}$$

Це лише на 0,8% вище точного.

МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ С НЕРАВНОМЕРНЫМ ШАГОМ В ЗАДАЧЕ ПРЯМОГО ИЗГИБА БАЛКИ

Божок А. И., студент; Жигилий Д. А., ст. преподаватель

Метод конечных разностей это приближенный метод решения дифференциальных уравнений. Сущность метода состоит замене функции $w=f(z)$ конечным (дискретным) множеством точек (узлов) и вместо функции непрерывного аргумента рассматривают функции дискретного аргумента, определенные в узлах и называемые условными функциями. Производные, входящие в дифференциальные уравнения, заменяют (аппроксимируют) соответствующими разностными отношениями, т.е. линейной комбинацией значений функций в узлах. При этом дифференциальные уравнения заменяются системой алгебраических уравнений (разностных уравнений), а начальные и краевые условия – разностными начальными и краевыми условиями для узловой функции.

Рассмотрим двухопорную балку постоянного поперечного сечения, нагруженную сосредоточенной силой (рис. 1) и найдём прогибы в узловых точках.

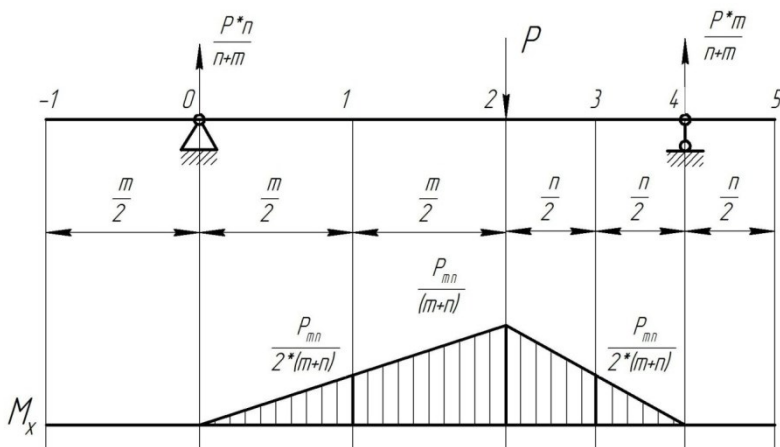


Рисунок 1 - Розрахункова модель

Разделим балку на четыре части так, что шаг $\Delta z_{11} = \frac{m}{2}$, $\Delta z_{12} = \frac{n}{2}$. Искомые узловые значения функции-прогибы в точках 1, 2, 3 найдём из дифференциального уравнения второго порядка:

$$\frac{d^2 w}{dz^2} = -\frac{M_x}{EJ_x}$$

В разностной системе алгебраических уравнений:

$$W'_0 = \frac{w_1 - w_{-1}}{m}, W'_1 = \frac{w_2 - w_0}{m}, W'_2 = \frac{w_3 - w_1}{\frac{m}{2} + \frac{n}{2}},$$

$$\begin{aligned}
 W_3' &= \frac{W_4 - W_2}{n}, \quad W_4' = \frac{W_3 - W_1}{m}; \\
 W_1'' &= \frac{W_2' - W_0'}{\frac{m}{2}} = \frac{\frac{W_3 - W_4}{m} - \frac{W_4 - W_2}{n}}{\frac{m}{2}}; \\
 W_2'' &= \frac{W_3' - W_1'}{\frac{m+n}{2}} = \frac{\frac{W_4 - W_2}{n} - \frac{W_3 - W_1}{m}}{\frac{m+n}{2}}; \\
 W_3'' &= \frac{W_4' - W_3'}{\frac{n}{2}} = \frac{\frac{W_3 - W_1}{m} - \frac{W_4 - W_2}{n}}{\frac{n}{2}}.
 \end{aligned}$$

Граничные условия:

- 1) $W_0 = 0$;
- 2) $W_4 = 0$;

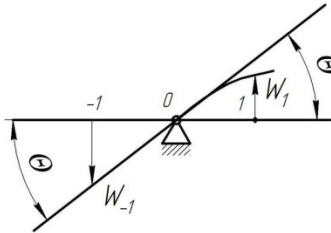


Рисунок 2 - Граничное условие в точке 0.

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg} \theta &= W_0' = \frac{W_{-1}}{m}; \\
 \frac{W_1 - W_{-1}}{m} &= \frac{-W_{-1}}{\frac{m}{2}}; \\
 W_1 - W_{-1} &= -2W_{-1};
 \end{aligned}$$

3) $W_1 = -W_{-1}$;

4) $W_3 = -W_5$.

$$\begin{aligned}
 W_1'' &= \frac{M_x}{EJ_x} \Big|_{z=\frac{m}{2}} = \frac{P_{mn}}{2(m+n)EJ_x}; \\
 W_2'' &= \frac{M_x}{EJ_x} \Big|_{z=m} = \frac{P_{mn}}{(m+n)EJ_x}; \\
 W_3'' &= \frac{M_x}{EJ_x} \Big|_{z=m+\frac{n}{2}} = \frac{P_{mn}}{2(m+n)EJ_x}.
 \end{aligned}$$

Произведена оценка точности метода при различных соотношениях m/n по сравнению с методом начальных параметров и интегралом Мора. Показано повышение степени точности метода при увеличении количества узловых точек.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ С МЕТОДОМ РЕЛЕЯ-РИТЦА В ЗАДАЧЕ ПРЯМОГО ИЗГИБА КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ

*Ветер М. Ю., студент;
Жигилий Д. А., ст. преподаватель*

Метод конечных разностей - метод приближённого интегрирования дифференциальных уравнений. Этот метод предполагает замену функции $w=f(z)$ конечным (дискретным) множеством точек (узлов) и вместо функции непрерывного аргумента рассматривают функции дискретного аргумента, определенные в узлах и называемые условными функциями, удовлетворяя разностным начальным и краевым условиям для узловой функции.

Метод Релея-Ритца основан на важном энергетическом принципе Лагранжа, гласящим что потенциальная энергии системы Π имеет стационарное минимальное значение в случае устойчивого равновесия. Вместо приближенного интегрирования методом конечных разностей разрешающего дифференциального уравнения при заданных граничных условиях, можно определить функцию (интеграл уравнения), удовлетворяющую граничным условиям и минимизирующую потенциальную энергию.

Рассмотрим консольную балку постоянной изгибной жёсткости нагруженную сосредоточенной силой на конце.

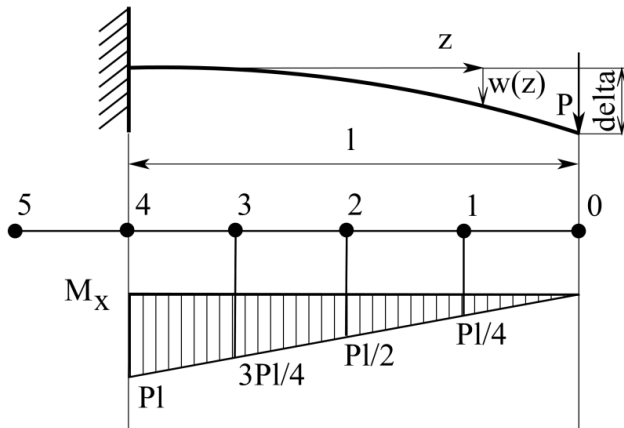


Рисунок – Расчётная модель

Метод конечных разностей.

$$w_1'' = \frac{M_x}{EJ_x} \text{ - разрешающее уравнение упругой линии.}$$

Граничные условия: $\theta_4 = 0 \Rightarrow w_5 = 0$; $w_4 = 0$.

Разрешающая система уравнений:

$$\begin{cases} w_1'' = \frac{w_0 - 2w_1 + w_2}{\lambda^2} = \frac{P\lambda}{EJ_x}; \\ w_2'' = \frac{w_1 - 2w_2 + w_3}{\lambda^2} = \frac{2P\lambda}{EJ_x}; \\ w_3'' = \frac{w_2 - 2w_3 + w_4}{\lambda^2} = \frac{3P\lambda}{EJ_x}; \\ w_4'' = \frac{w_3 - 2w_4 + w_5}{\lambda^2} = \frac{4P\lambda}{EJ_x}. \end{cases}$$

Здесь шаг $\lambda=l/4$.

Метод Релея-Ритца.

Внутренняя потенциальная энергия составит:

$$U = \frac{EJ_x}{2} \int_0^l (w''(z))^2 dz.$$

Предполагаемая функция упругой линии.

$$w(z) = \delta \sin \frac{\pi(z-l)}{2l} = \delta \sin \left(\frac{\pi z}{2l} - \frac{\pi}{2} \right) = -\delta \sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi z}{2l} \right) = -\delta \cos \frac{\pi z}{2l};$$

$$(w''(z))^2 = \frac{\delta^2 \pi^4}{16l^4} \cos^2 \frac{\pi z}{2l}.$$

$$\begin{aligned} U &= \frac{EJ_x}{2} \cdot \frac{\delta^2 \pi^4}{16l^4} \cdot \int_0^l \cos^2 dz = \frac{EJ_x}{32} \cdot \frac{\delta^2 \pi^4}{l^4} \left(\frac{z}{2} + \frac{l}{2\pi} \cos \frac{\pi z}{l} \right) \Big|_0^l = \\ &= \frac{EJ_x}{32} \cdot \frac{\delta^2 \pi^4}{l^4} \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right). \end{aligned}$$

Работа внешней силы составит

$$A = -P\delta.$$

Потенциальная энергия:

$$\Pi = U + A$$

Принцип Лагранжа

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \delta} = \frac{\partial \left(\frac{EJ_x}{32} \cdot \frac{\delta^2 \pi^4}{l^4} \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) \right)}{\partial \delta} + \frac{\partial (-P\delta)}{\partial \delta} = 0.$$

Сравнены значения стрелы прогиба полученные этими методами, показано влияние шага разбивки в методе конечных разностей и точности функции аппроксимации в методе Релея-Ритца.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Стрелец В. В., доцент; Родин И. С., студент

В данной работе рассмотрены возможности 3D моделирования применительно к червячному редуктору при выполнении курсового проекта по деталям машин. Была использована программа SolidWorks 2012 ServicePack 4, которая позволяет производить визуализацию механизма и его работу, строить разнообразные трехмерные модели технических объектов, проверяя при этом правильность расчетов геометрических параметров деталей и их собираемость в узлы и изделие, а также создавать двумерные чертежи.

В современных CAE-CAD-CAM системах проектирования сначала строят компьютерные трехмерные модели конструкций, а затем автоматизированным способом создают чертежи изделий и технологические программы для изготовления деталей на станках ЧПУ. В традиционном курсовом проекте по деталям машин после расчетов выполняют чертеж редуктора, по которому студент должен представить себе объемную конструкцию механизма и деталей, что зачастую вызывает определенные затруднения.

В данной работе выбран и реализован современный подход к автоматизированному проектированию. С помощью программы SolidWorks была построена трехмерная модель червячного редуктора с верхним расположением червяка. При этом наблюдаемая на экране с любых сторон объемная компоновка редуктора, по сравнению с плоской компоновкой, быстрее и эффективнее приводит к выбору рационального варианта конструкции. Широкие возможности программы SolidWorks позволили создать видеоролики работы червячной пары, вращения валов и подшипников, сборки и разборки редуктора. Создание сборочного чертежа редуктора по его 3D модели было выполнено в программе КОМПАС, путем файлового обмена с программой SolidWorks, которая, к сожалению, не поддерживает все существующие отечественные конструкторско-технологические ГОСТы и стандарты на чертежи.

На основе проделанной работы были сделаны следующие выводы:

- трудности создания 3D модели редуктора компенсируются более легким созданием сборочного чертежа изделия;
- наглядные изображения механизма в работающем состоянии под любым углом зрения улучшает восприятие и понимание материала курса деталей машин;
- целесообразно выполнять курсовое проектирование по прогрессивным методам автоматизированного проектирования, когда созданная трехмерная модель является основой для чертежей, ведь не случайно говорят, что изображение стоит тысячи слов, а 3D модель стоит тысячи чертежей.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРНЕТА

Стрелец В. В., доцент; Федченко С. В., студент

Исследование и рассмотрение данной темы актуально, так как в вузах начато внедрение дистанционного обучения и зачастую студентам приходится самим искать дополнительную информацию по различным дисциплинам. Изучение курса деталей машин с помощью интернета позволяет квалифицировано, многократно, наглядно и подробно осваивать любой материал.

В данной работе приводятся результаты интернет-поиска по всем основным разделам курса с охватом вопросов теории, расчета и конструирования типовых деталей машин, узлов и механизмов. Интернет позволяет также находить и бесплатно скачивать книги, справочники, учебные пособия и научные статьи по интересующим проблемам. Вот некоторые сайты электронных библиотек: <http://log-in.ru/books/...>; <http://www.all-library.com/texnicheskaya-literatura/...> Знание иностранных языков дает дополнительные возможности посещать иностранные сайты и читать зарубежную литературу.

При изучении раздела „Основы проектирования” можно обратиться, на-пример, на сайты: <http://studystuff.ru/controlnaya;> <http://cnenc.ru/documentation>.

Вопросы раздела „Соединения деталей машин” подробно рассмотрены в интернете. Например, сварные соединения и швы, наглядная иллюстрация и видеоролики по различным методам сварки представлены на сайтах: <http://uroki-online.net/other>; <http://www.youtube.com/watch?v=OSHB10xDQ90>.

Изучая раздел „Передачи” с помощью фотоматериалов, иллюстраций и видеороликов, можно ознакомиться с устройством и работой различных механизмов, посмотреть технологии изготовления деталей, сборку и разборку изделий и т.п. Вот некоторые сайты по передачам: <http://www.youtube.com/watch?v=XxtBc30Dlz8> ([=XkWPhzjTu5c](http://www.youtube.com/watch?v=XkWPhzjTu5c), [=RRjkJtsTUso](http://www.youtube.com/watch?v=RRjkJtsTUso)); <http://www.detalmach.ru/photo.html>.

Ниже адреса, где можно найти методы расчета валов и осей из раздела „Детали, обеспечивающие вращение”: <http://gendocs.ru/v27178/?cc=8>; http://vtk34.narod.ru/detalimashin_lek/book.

Интернет позволяет готовиться к срезу знаний по дисциплине с помощью тестов (<http://www.detalmach.ru/test.html>), слушать видео-лекции (<http://www.youtube.com/watch?v=KT7BnBuA5AU>), выполнять по образцам курсовое проектирование и решать массу других учебных вопросов.

Возможности обучения при помощи компьютерных информационных технологий разнообразны и неограниченны. Интернет может быть полезным и эффективным не только при изучении курса деталей машин, сейчас он помогает добиваться существенных успехов в учебе, науке, работе и быть в курсе последних мировых достижений в области машиностроения.

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Стрелец В. В., доцент; Усик Р. Ю., студент

В данной работе рассмотрены приводы агрегатов, используемых в химпроизводстве ПАО „Сумыхимпром”. Согласно имеющимся чертежам эти приводы включают в себя электродвигатель, двухступенчатый цилиндрический редуктор, клиноременную передачу и соединительные муфты. Производственный опыт эксплуатации приводов барабанной сушилки, многометровых желобчатых конвейеров, сушилок и фильтратов показал, что низкая долговечность ремней является основной проблемой приводов такой комплектации.

В работе был выполнен анализ конструкторских чертежей, проведены расчеты основных параметров используемых на предприятии приводов и предложены практические рекомендации для решения проблем, связанных с ременной передачей. Также ставилась задача – улучшить работу привода, уменьшить число остановок агрегатов, сэкономить денежные средства предприятия.

Было решено убрать из привода слабое звено – ременную передачу, соответственно, исключить натяжное устройство и кожух для нее. Двухступенчатый редуктор было предложено заменить стандартным трехступенчатым цилиндрическим редуктором. Размеры нового редуктора зависят от электродвигателя, который можно оставить прежним или заменить на менее быстходный, что уменьшит габариты редуктора.

Между двигателем и редуктором предложено использовать упругую муфту простой конструкции и достаточной долговечности. Для этой цели была выбрана муфта лепестковая, в которой полумуфты соединены между собой изогнутыми лепестковыми резиновыми элементами, закрепленными симметрично по окружности на опорных поверхностях полумуфт. Преимуществами лепестковых муфт являются:

- высокая технологичность и ремонтпригодность;
- высокие вибродемпфирующие и компенсирующие свойства;
- практически неограниченный ресурс работы без технического обслуживания и смазки, обусловленный отсутствием изнашиваемых деталей;
- высокая надежность в тяжелых условиях эксплуатации (тряска, загрязненность, большие перепады температур).

Положительные отзывы о работе лепестковых муфт на химических, энергетических, металлургических и нефтегазодобывающих предприятиях также обусловили решение выбрать для модернизируемых приводов этот тип упругих муфт.

Указанные предложения и обоснование изменений в конструкции приводов были внесены на рассмотрение в конструкторские и ремонтные подразделения ПАО „Сумыхимпром”.

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТУ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ З ДИСЦИПЛІНИ “ДЕТАЛІ МАШИН”

Стрелец В. В., доцент; Мазний Б. В., студент

У даній роботі розглянуто використання Інтернету для якнайкращого вивчення та засвоєння матеріалу з курсу деталей машин. Сучасна людина вже майже не уявляє свого життя без “всесвітньої павутини”: не треба йти до пошти, щоб відправити листа, чи йти за покупками до магазину. З кожним днем на електронних носіях накопичується все більше технічної інформації, тому відповідні інтернет-матеріали можуть суттєво допомогти студентам при самопідготовці по складним темам. Наприклад, увійшовши на сайт пошукової системи google.com.ua та вводячи потрібні ключові слова пошуку, можна побачити сторінку з посиланнями на інші інтернет-сторінки з потрібною інформацією.

При вивченні дисципліни «Деталі машин» студент у першу чергу шукає потрібну літературу. В мережі існує чимало підручників, атласів, посібників, довідників, науково-практичних статей, методичних рекомендацій, тощо. Ці джерела інформації можливо знайти на сайтах та завантажити їх у комп'ютер. На сторінках сайту www.planer8.narod.ru/e_books.html зібраний каталог посилань на завантаження підручників. Конспекти лекцій та методичні вказівки, як правило, друкуються ВНЗ і можуть бути здобуті, наприклад, на сайтах: kdm.ustu.ru/LecDM.html ; essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/26631.

Вагому роль у конструюванні механізмів відіграють атласи. Після виконання пошуку нескладно знайти велику кількість сторінок з кресленнями типових деталей та вузлів машин за адресою padabum.com/d.php?id=23512.

Із стрімким розвитком комп'ютерної графіки виріс і попит не тільки на виконання 2D креслень, але й на 3D моделі з використанням анімації. Це дозволяє студенту краще зрозуміти матеріал відносно принципу дії механізмів, особливостей їх будови, проектування, виробництва та складання. Ось деякі сайти, що допомагають при аналізі конструкцій: www.youtube.com/watch?v=mIsc_ThZotg; youtube.com/watch?v=fHVx91WreT0; youtube.com/watch?v=durc5APWGbI.

Різноманітні типи редукторів можна розглянути, наприклад, на сайтах www.twirpx.com/file/125728/ (одноступінчастий циліндричний) і detali-mashin-na-5.narod.ru/Volnovyye_reduktory.html (хвильовий редуктор).

При розв'язанні певних задач студент має можливість отримати алгоритми та приклади їх вирішення (gendocs.ru/v39439/?cc=21).

Отже, ресурси Інтернету полегшують вивчення курсу деталей машин. Велика кількість різноманітної інформації, мультимедійні лекції, фото і відеоролики, тощо, дозволяють провести більш якісну самопідготовку. Віртуальне проектування, виробництво та експлуатація технічних виробів заощаджують час, сили і матеріальні витрати.

УРАВНОВЕШИВАНИЕ МНОГОЦИЛИНДРОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Матвиенко Ю. О., Мовчан В. В., студенты;
Зайцев И. Г., доцент*

В многоцилиндровых двигателях или компрессорах полное или частичное уравновешивание может быть получено путём соответствующего подбора величины и расположения движущих масс. Вращающаяся масса m_A характеризуется силами инерции только первого порядка. Сила инерции массы m , совершающей возвратно-поступательное движение, представляет бесконечную сумму периодических сил порядков: 1, 2, 4-го и т.д.

Если ограничиться членом 2-го порядка, то можно записать следующее выражение для проекции силы инерции \vec{P}_u поступательно движущихся масс на ось, направленную от оси вращения по траектории ползуна:

$$\vec{P}_u = m \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \left(\cos \varphi + \frac{\cos 2\varphi}{k} \right), \quad (1)$$

где φ – угол, образованный кривошипом с указанной осью;

$k = \frac{l}{R}$ – отношение длины шатуна к длине кривошипа.

Предположим, что вес поршней и шатунов, а также длины кривошипов и шатунов одинаковы. Тогда если кривошипы образуют с первым кривошипом углы α , β , γ и т.д., то проекция главного вектора \vec{P}_{u1} сил инерции первого порядка на указанную выше ось всех поступательно движущихся масс двигателя выразится следующей формулой:

$$\begin{aligned} \vec{P}_{u1} &= m \cdot \omega^2 \cdot R \cdot [\cos \varphi + \cos(\varphi + \alpha) + \cos(\varphi + \beta) + \cos(\varphi + \gamma) + \dots] = \\ &= m \cdot \omega^2 \cdot R \cdot [\cos \varphi \cdot (1 + \cos \alpha + \cos \beta + \cos \gamma + \dots) - \\ &- \sin \varphi \cdot (\sin \alpha + \sin \beta + \sin \gamma + \dots)]. \end{aligned} \quad (2)$$

Аналогично проекция главного вектора \vec{P}_{u2} сил инерции 2-го порядка выразится:

$$\begin{aligned} \vec{P}_{u2} &= m \cdot \omega^2 \cdot \frac{R}{k} \cdot [\cos 2\varphi \cdot (1 + \cos 2\alpha + \cos 2\beta + \cos 2\gamma + \dots) - \\ &- \sin \varphi \cdot (\sin 2\alpha + \sin 2\beta + \sin 2\gamma + \dots)] \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, для уравновешивания главного вектора сил инерции 1-го и 2-го порядков необходимо, чтобы соблюдались следующие условия:

$$\begin{cases} 1 + \cos \alpha + \cos \beta + \cos \gamma + \dots = 0; \\ \sin \alpha + \sin \beta + \sin \gamma + \dots = 0; \\ 1 + \cos 2\alpha + \cos 2\beta + \cos 2\gamma + \dots = 0; \\ \sin 2\alpha + \sin 2\beta + \sin 2\gamma + \dots = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Для полного уравновешивания необходимо добавочное условие, чтобы главный момент \vec{M}_u сил инерции поступательно движущихся масс относительно оси OZ, проходящей перпендикулярно к плоскости осей цилиндров, равнялась нулю. Это условие может быть выражено в виде следующего уравнения:

$$\begin{aligned} \vec{M}_u = m \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \left\{ x_1 \cdot \left(\cos \varphi + \frac{\cos 2\varphi}{k} \right) + \right. \\ \left. + x_2 \cdot \left(\cos(\varphi + \alpha) + \frac{\cos 2(\varphi + \alpha)}{k} \right) + \dots \right\} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Из этого уравнения получаем следующие дополнительные условия уравновешивания главного момента сил инерции 1-го и 2-го порядков:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \cdot \cos \alpha + x_3 \cdot \cos \beta + \dots = 0; \\ x_2 \cdot \sin \alpha + x_3 \cdot \sin \beta + \dots = 0; \\ x_1 + x_2 \cdot \cos 2\alpha + x_3 \cdot \cos 2\beta + \dots = 0; \\ x_2 \cdot \sin 2\alpha + x_3 \cdot \sin 2\beta + \dots = 0; \end{cases} \quad (6)$$

где x_1, x_2, x_3, \dots - координаты шатунов вдоль

Для двухцилиндрового двигателя кривошипы расположены под углом 180° и условия принимают вид

$$\begin{cases} 1 + \cos \alpha = 0; \\ \sin \alpha = 0; \\ 1 + \cos 2\alpha = 0; \\ \sin 2\alpha = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Следовательно, в этом двигателе главный вектор сил инерции первого порядка будет уравновешен, но силы инерции второго порядка, проекция которых равна $m \cdot \omega^2 \cdot \frac{R}{k} \cdot 2 \cdot \cos 2\varphi$, не будет уравновешена.

А значит, неуравновешенный момент \vec{M}'_u сил инерции составит:

$$\vec{M}'_u = m \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \sqrt{3} \cdot a \cdot \left[\cos(\varphi + 30^\circ) + \frac{\cos(2\varphi - 30^\circ)}{k} \right], \quad (8)$$

где a – расстояние между шатунами.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Никитин М. А., доцент; Самара Н. В., студент

Любой механизм предназначен для преобразование движения одного звена в требуемые движения других. Для плоских механизмов с одной степенью подвижности ($W=1$) по заданному закону (φ) входного звена можно определить законы движения остальных звеньев (положения, скорость, ускорения точек и звеньев).

При проектировании механизмов и машин закон изменения обобщенных координат в функции времени удается определить только на последующих этапах обычно после динамического исследования с учетом характеристик сил, приложенных к звеньям, масс и моментов инерции. В таких случаях движение выходных и промежуточных звеньев определяется в два этапа. На первом устанавливаются зависимости кинематических параметров звеньев и точек от обобщенной координаты, а на втором этапе определяется закон изменения обобщенной координаты от времени в зависимости от кинематических параметров выходных.

Кинематическое исследование механизмов проводится различными методами (аналитическим, графо-аналитическим или графическим).

Сущность аналитического метода заключается в установлении функциональной зависимости кинематических характеристик от размеров звеньев и перемещений входного звена. Графо-аналитический метод по сравнению с аналитическим получил широкое распространение из-за удобства и наглядность решения прикладных задач проектирования. Этот метод рассмотрим на примере механизма вытяжного пресса (см. плакат). Заданными являются: структурная схема механизма, размеры звеньев и закон движения ведущего звена. Построение кинематической схемы заключается в выборе масштабного коэффициента длин ($\mu_e = \dots \text{м/мм}$). Для этого прочерчиваются 12 положений звеньев механизма из одного центра O_1 , за один цикл движения механизма, тогда на схеме определяются крайние положения выходного звена 5. Верхнее положение звена 5 примем за нулевое. Рабочий ход звена 5 изменяется от верхнего до нижнего положения.

Вторым этапом проектирования является определение скоростей точек звеньев механизма методом планов скоростей. Величина скорости точки А определяется по формуле $V_a = \omega_1 \cdot l_{O_1A} = \dots \text{м/с}$ и направлена по касательной к окружности описываемой точкой А в сторону направления угловой скорости звена 1. Для определения скоростей остальных точек (В, D, E) составляют векторные уравнения на основании которых строятся планы скоростей из которых определяются все скорости точек.

Третий этап заключается в определении ускорений точек В, D, E, а также угловых скоростей звеньев 2, 3, 4. Методом планов на основании составленных векторных уравнений.

НАХОЖДЕНИЕ ВЕЛИЧИН КОНЦЕНТРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЙ В ОСЛАБЛЕННОМ СЕЧЕНИИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО БРУСА НАХОДЯЩЕГОСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ

*Смирнов В. А., директор, ЦНТТУМ, СумГУ;
Вербовой А., ученик, школа № 9, г. Сумы*

Рассмотрены два бруса: без ослаблений и с ослаблениями. Используя универсальный метод сечений вычислялись значения продольной силы (N) в каждом из предложенных сечений. (1-1),(11-11), (III-III). Затем строились эпюры, положительные значения откладывались от базисной линии вправо, отрицательные влево. Проводилась проверка построения эпюр с помощью «скачков».

Рассматривалась физическая задача, т.е построения эпюры нормальных напряжений с определением максимального значения σ . Строилась эпюра абсолютных деформаций Δl с учетом внутренних силовых факторов и геометрического фактора прочности. Необходимо отметить, что значение эпюры Δl в жестком закреплении равно 0. Проводился анализ построенных эпюр. Далее строились эпюры N, σ , Δl от собственного веса бруса. Суммируя значения эпюр от внешних силовых факторов (F) и от собственного веса получили окончательные значения эпюр и определилось опасное сечение.

Предлагалось несколько видов ослаблений: квадратное, круглое, эллипсоидное. Вычислялись значения нормальных напряжений в сечении «брутто», «нетто» и номинальное напряжение, равное среднему между $\sigma_{бр.}$ и $\sigma_{нет/}$, крайние значения которых суммировались. Данные эпюры не ответили на вопрос о концентрации напряжений на краях отверстий. Затем определились значения коэффициентов концентрации напряжений

$$K_{теор.} = \frac{\sigma_{нетто}}{\sigma_{брутто}} \text{ и } K_{экспер.} = \frac{\sigma_{нетто}}{\sigma_{ном.}}$$

С учетом данных коэффициентов построены окончательные эпюры σ на краях ослабленных сечений. Как правило эти напряжения больше напряжений в сечении брутто в 3 раза.

Следует отметить, что коэффициент $k_{теор.}$ характеризует два эффекта:

1 возрастание напряжений обусловленное уменьшением полярного сечения;

2 изменение напряжений в зависимости от геометрического фактора, а коэффициент $k_{экспер.}$ только изменением напряжений в зависимости от геометрического фактора.

Рассмотрено практическое применение значений коэффициентов концентраций напряжений.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОСНОВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАСЧЕТЕ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ

*Смирнов В. А., директор, ЦНТТУМ, СумГУ;
Беловол В., ученица, школа № 12, г. Сумы*

Вначале рассматривалась статически определимая рама, нагруженная внешними силовыми факторами F , g , m ; для которой строились эпюры поперечных сил, изгибающих моментов, продольных усилий. Выполнялись необходимые проверки для построенных эпюр и для узлов рамы – статическая проверка.

Для консольной части рамы определялись линейные и угловые перемещения. В этих точках прикладывались единичные: сила $F=1$ и момент $m=1$. Строились называемые “единичные” эпюры. Затем проводилось перемножение эпюр “грузовых” и “единичных”. Данное перемножение выполнялось с помощью интеграла Мора. Упрощать вычисление интеграла можно с учетом правила Верещагина или Симпсона-Корноухова, что и было сделано при нахождении двух типов перемещений.

При решении статически неопределимой рамы, в данную расчетную схему вводилась “лишняя” связь. Определялась степень статической неопределимости $L = \text{Соп}-3 = 4-3 = 1$. Заменяя связь неизвестной силой X , составлялось каноническое уравнение метода сил $\delta_1 X_1 + \Delta_{1p} = 0$. Для решения уравнения строилась “единичная” эпюра, определяя перемещение δ_1 , и “грузовая” перемещение Δ_F . Далее определялось неизвестное X_1 и рассматривалась рама как статически определимая для которой строились эпюры внутренних силовых факторов. Выполнялась проверка вычисления;; перемножая “единичную” и окончательную эпюру изгибающих моментов в результате которой должен получиться ноль.

Особое внимание следует обратить на оптимальный выбор основной системы, что существенно может упростить расчет.

Упрощения расчёта может быть вследствие отсутствия значений эпюр: либо на пролёте рамы, либо на стойке.

Значение погонной жёсткости принималось постоянным на всех элементах рамы.

Рассмотрены преимущества и недостатки статически неопределимых систем, а также другой метод расчёта (метод перемещений).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ С УЧЕТОМ УРОВНЕЙ ПРОБЛЕМНОСТИ

*Смирнов В. А., директор, ЦНТТУМ, СумГУ;
Ворожко А., ученик, школа № 6, г. Сумы*

Существуют различные методы и формы организации учебной деятельности. При построении эпюр внутренних силовых факторов: деформации поперечного изгиба, особый интерес представляют выбор расчетной и на ее основе конструктивной схемы.

В данной работе предложено обратное, а именно, на основе эпюр поперечных сил, изгибающих моментов выбирается расчетная и на ее основе соответственно конструктивная схема. Рассмотрены уровни проблемности:

Первый уровень проблемности. На основании данной расчетной схемы строятся эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Для решения необходимо знать: понятия расчетной схемы; вид и характер деформации, способы построения эпюр, правила проверки.

Второй уровень проблемности. По данной расчетной схеме выбирается конструктивная. Здесь необходимо знать различие между расчетной и конструктивной схемой. Условные обозначения материалов, а также способы закрепления представленные в виде шарнирно-подвижной, шарнирно-неподвижной опоры, а также жесткого закрепления.

Третий уровень проблемности. Заключается в нахождении расчетной схемы по известным эпюрам построенным для нагружения балок силой F , распределенной нагрузки q , изгибающего момента m . При раскрытии этого уровня необходимо знать теорему Д.И. Журавского, смысл «скачков» на эпюре поперечных сил и изгибающих моментов, геометрический смысл первой производной, правило знаков при построении эпюр.

Необходимо помнить, что эпюры ВСФ строятся от статических нагрузок.

Рассмотрены нахождение расчетных схем и для плоских ломаных стержней, а также рам.

Предпочтение следует отдавать проблемному методу обучения особенно при выполнении расчётно-графических упражнений. Не следует отказываться и от других методов: монологического, диалогического, показательного, алгоритмического, исследовательского и эвристического.

Любой метод бинарен, т.е. существует прямая и обратная связь между преподавателем и учащимся, что безусловно будет способствовать решению задач развития, обучения, образования и воспитания.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ПЛОСКОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ СИЛ

*Смирнов В. А., директор, ЦНТТУМ, СумГУ;
Тартегашев М., ученик, школа № 15;
Слинько Д. Ю., ученик, школа № 6, г. Сумы*

В работе рассматривались следующие задачи: четыре статически определимых, однопролетных, с ломаными консолями балки; два пространственных ломаных бруса с жестким закреплением.

Рассматривая первую часть работы необходимо отметить различный характер загрузки балок внешними силовыми факторами (F , g , m). Вначале определялись опорные реакции. Затем выполнялась проверка. Намечался примерный характер деформации балок; в пролете и в их консольной части. Эпюры изгибающих моментов строились со стороны растянутых волокон.

Определенные сложности возникали при построении эпюр Q , M , N в ломаной, консольной части балок. С целью правильности построения выполнялась проверка жесткого узла.

При рассмотрении второй части работы, опорные реакции не определялись, а эпюры внутренних усилий строились со свободной части пространственной ломаной консоли. Использовался метод «характерных» точек. Для лучшего понимания вида и характера деформации расчетные схемы преобразовывались в конструктивные с нанесением в каждом ломаном сечении пространственных ортогональных осей (x, y, z). В этом случае очень удобно использовать правила для вычисления: поперечной силы, изгибающего момента и продольной силы. Конструктивные пространственные схемы использовались и для выполнения статической проверки узлов. При построении внутренних силовых факторов использовались понятия “скачков”, геометрического смысла 1 производной, т.е. теоремы Д.И. Журавского.

В дальнейшем планируется рассмотреть опасные сечения в рассматриваемых балках и пространственных ломаных брусках. Эти сечения находятся с учётом эпюры изгибающих моментов, а также эпюры поперечных сил. Данные максимальные значения M_{\max} и Q_{\max} входят в

условия прочности деформации поперечного изгиба: $\frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma]$,

$$\frac{Q_{\max} \cdot S}{I \cdot b} \leq [\tau].$$

Далее возможно рассмотрение таких типов задач: прочерка несущей способности, определение допускаемой загрузки, нахождение поперечного сечения.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Смирнов В. А., директор ЦНТТУМ, СумГУ; Ратушный А. В., аспирант, СумГУ; Лисовенко М. С., Монько Е. М., школьники, КУ ССШ №9, г. Сумы

Целью работы было исследования закона сохранения импульса. Были рассмотрены следующие положения:

- связь между величинами;
- формулировка закона;
- математическое выражение;
- границы применимости;
- учет и использование на практике;
- опыты, подтверждающие справедливость закона.

В качестве таких опытов было рассмотрено две модели: колыбель Ньютона и шары на плоскости

Для лучшего понимания закона сохранения импульса был сконструирован испытательный стенд, который иллюстрирует особенности обеих моделей. Стенд представлен на рисунке.

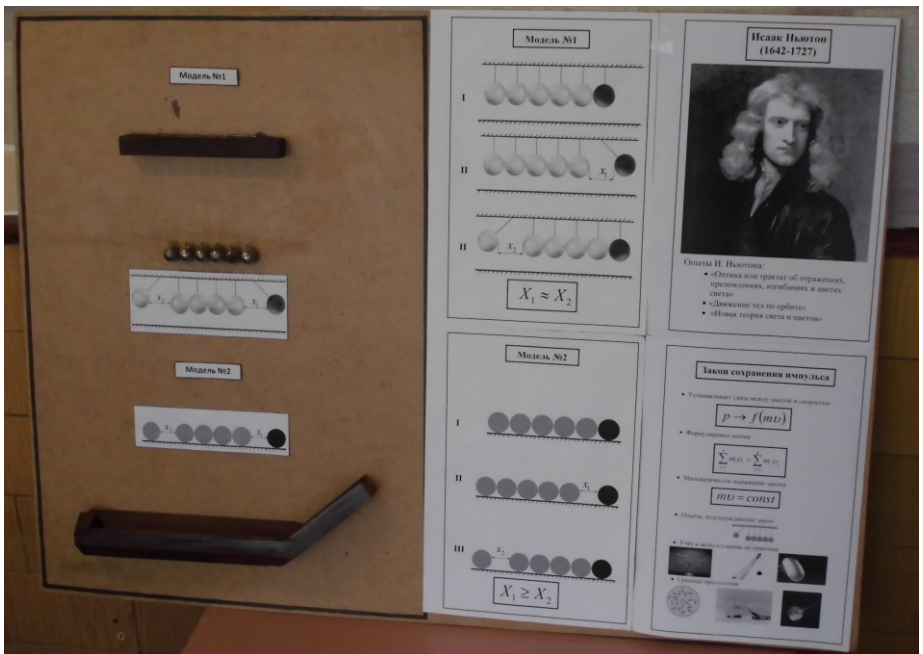


Рисунок - Стенд для иллюстрации закона сохранения импульса

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Ратушный А. В., аспирант, СумГУ; Зякун И. А., Пирогов Д. А., школьники, КУ ССШ № 9, г. Сумы

Целью работы была разработка эффективной методики решения физических задач на примере решения заданий повышенной сложности из различных разделов гидростатики. Были рассмотрены четыре задачи по теме «Основное уравнение гидростатики» и две задачи по теме «Закон Архимеда. Плавание тел». В процессе работы над задачами использовался проблемный метод обучения. Была поставлена задача найти ответы на ряд вопросов, схематически представленных на рисунке.

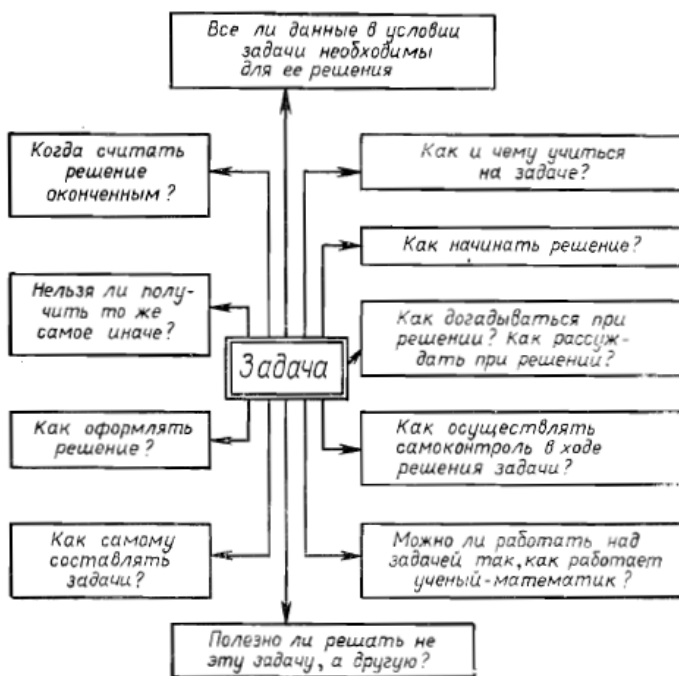


Рисунок – Схема работы над задачей

В результате работы на основе данной схемы была разработана методика решения задач по гидравлике. Однако, следует отметить, что полученные результаты могут быть полезны всем учащимся ЦНТТУМ СумГУ, а также школ в качестве пособия для самостоятельной работы.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ГЛАВНЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ДЛЯ СИММЕТРИЧНЫХ И НЕСИММЕТРИЧНЫХ СЕЧЕНИЙ СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ

*Смирнов В. А., директор, ЦНТТУМ, СумГУ;
Терновский С., студент, СумГУ*

Рассматривалось четыре варианта сечений: симметричных в форме двутавра (поз.1) и несимметричных со смещением одного швеллера относительно другого на величины 0,25Н; 0,5Н; 0,75Н.

Использовались таблицы прокатных профилей для нахождения площади сечения А, моментов инерции I_x, I_y, I_{xy} , положения центров тяжести сечения X_c, Y_c .

Предложен следующий порядок расчета.

- Определялся центр тяжести сложного сечения;
- проводились главные центральные оси;
- вычислялись главные центральные моменты инерции (с учетом формы относительно параллельных осей);
- для нахождения значений и направлений главных моментов инерции находилось значение центробежных моментов инерции и $\operatorname{tg} 2\alpha$;
- проводилась проверка решения по следующей формуле

$$I_{x_c} + I_{y_c} = I_v + I_u.$$

С целью сопоставления результатов вычисления аналитическим и графическим способом строился круг Мора и эллипс инерции (рассматривалась только прямая задача, т.е. определение I_x, I_y по известным I_{x_c}, I_{y_c}).

Далее проводился анализ полученных результатов в зависимости от предложенной формы сечения (поз.1,2,3,4), составлен алгоритм расчета величин $I_{x_c}, I_{y_c}, I_v, I_e$ в блоковой форме.

На основании которого предложена программа на языке “Паскаль”. Рассмотрены особенности составления алгоритма и программы.

Предложено использование геометрических характеристик прочности: площади поперечного сечения – А, статического момента площади S, моментов инерции осевых I_x, I_y , момента сопротивления W_x, W_y , радиуса инерции i в дальнейших расчётах по различным видам деформации, а именно, осевого растяжения, сжатия, поперечного изгиба, сдвига, кручения, продольного изгиба. При определении жёсткости для предполагаемых деформаций их невозможно не учитывать.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

*Смирнов В. А., директор, ЦНТТУМ, СумГУ;
Крутая Ю., студентка, СумГУ*

Предложено четыре задачи; в начале менялось приложение внешних силовых факторов, затем плечи сил F_1 и F_2 . Рассматривалось положение бруса до и после деформации. Определяли вид и характер деформации. Для определения величин внутренних силовых факторов N_s использовался универсальный метод сечений, а также принцип освобождения от связей. Задача относится к плоской системе произвольно расположенных сил, что дает возможность составить только при независимых уравнений статики и количество неизвестных четыре, в каждой тяге N_1 и N_2 и в шарнирно-неподвижной опоре две реакции V и H следовательно задача один раз статически неопределима.

Для составления дополнительного уравнения перемещения, основанного на рассмотрении совместной деформации тяг 1 и 2 определим абсолютные деформации u_x , Δl_1 и Δl_2 . Выражая найденное Δl_1 и Δl_2 через продольные силы N_1 и N_2 , используя закон Гука, решая совместно три уравнения статики и уравнение перемещения определим внутренние силовые факторы (продольные силы N_1 N_2) и реакции шарнирно-неподвижной опоры V и H .

Положительные знаки найденных N_1 и N_2 подтверждают принятого положения бруса после деформации. Далее выполнялся анализ построенных численных значений продольных усилий во всех четырех задачах.