

## АНОТАЦІЇ

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

**Бережний С. П., Фетісов Р. Ю., Куликовський Р. А., Капустян О. Є., Кононенко А. В. Використання стружки P18 при виготовленні інструменту // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

В зазначеній роботі розроблена технологія виготовлення ріжучого інструменту – свердла перового із відходів стружки інструментальної сталі P18. Запропонована технологія електрошлакового переплаву стружки забрудненої мастильно-охолоджуючою рідиною (МОР). З метою вигорання залишків МОР в процесі електрошлакового переплаву стружку запропоновано подавати на невитратний графітовий електрод на відстані 200 мм від поверхні шлакової ванни. У результаті нагріву стружки теплом від невитратного електрода та випромінюванню шлакової ванни залишки МОР спалахують и вигорають. Встановлено, що у результаті такої технології відбувається збільшення вуглецю у металі за рахунок сажі, що утворюється при вигоранні МОР. Вміст вуглецю у зливках збільшується з 0,8 % до 1,0–1,1 %. Розроблена конструкція сталевого кокілю, яка дозволяє отримати зливки близькі до геометричної форми інструменту.

Досліджено структура злиwkів, отриманих методом електрошлакового кокільного лиття. Макроструктура злиwkів щільна з вираженою направленою кристалізацією. Дефекти ливарного характеру (пори, шлакові включення і т. д.) відсутні. Встановлено, що на відстані до 30 мм від стінки кокілю, у структурі зливка відсутня суцільна карбідна сітка. Відсутність суцільної карбідної сітки дозволяє спростити процес термічної обробки та відмовитися від довготривалого процесу гомогенізаційного відпалу. Термічна обробка злиwkів P18 полягала ізотермічному відпалу ( $925 \pm 25$  °C), витримка 3 години. Остаточна термічна обробка інструмента, з урахуванням більш високого вмісту вуглецю, полягала в гартуванні з більш високої температури ( $1325 \pm 25$  °C). Твердість після гартування складала 54...58 HRC. Після трьохкратного відпуску (перший –  $600 \pm 10$  °C, другий та третій –  $570 \pm 10$  °C) твердість підвищилась до 61...64 HRC. Промислові випробування показали, що свердла, виготовлені з відходів у вигляді стружки P18 по своїм експлуатаційним та ріжучим властивостям аналогічні свердлам, виготовленим з кованого металу P18.

Технологія дозволила використовувати відходи у вигляді стружки, відмовитися від її попередньої чистки, уникнути операцію кування, таким чином знизити собівартість виготовленого інструменту.

**Ключові слова:** стружка, відходи, інструментальна сталь, електрошлаковий переплав, електрошлакове кокільне лиття, ріжучий інструмент, термічна обробка.

**Фесенко М. А., Лук'яненко І. В. Вплив часу витримки після сфероїдизувального модифікування на структуроутворення і механічні властивості чавуну // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У роботі представлений короткий огляд високоміцного чавуну з кулястим графітом, описані його переваги і області використання, а також основні способи сфероїдизувального модифікування розплаву для його отримання, такі як модифікування в автоклаві, ковшове (сендвіч-процес) і внутрішньоформове модифікування (інмолд-процес). Зазначено основну відмінну технологічну особливість всіх трьох способів. На основі проведеного експерименту проведено металографічний аналіз. Встановлено вплив часу витримки розплаву після сфероїдизувального модифікування і до початку його кристалізації в ливарній формі на структуроутворення в чавуні і, як наслідок, його механічні властивості. Визначено, що проведення сфероїдизувального модифікування в автоклаві і відкритому ковші призводить до кристалізації чавуну в зразках з поперечним перерізом стінки 5 мм з утворенням в структурі перліту, цементиту і ледебуриту з окремими включеннями графіту кулястої форми, а використання для модифікування чавуну «інмолд-процесу» призводить до його кристалізації без утворення твердих включень структурновільного цементиту і ледебуриту, які сприяють збільшенню крихкості чавуну і погіршенню його оброблюваності. Також визначено характер зміни мікроструктури зразків при зміні товщини їхнього поперечного перерізу. Встановлено, що збільшення товщини поперечного перерізу зразків призводить до перерозподілу структурних складових чавуну і повного усунення включень цементиту і ледебуриту в структурі зразків, отриманих способом модифікування у відкритому ковші і в автоклаві. Визначено механічні властивості в литому стані отриманих в результаті експерименту вилиwkів і встановлено їхній зв'язок зі способами обробки чавунного розплаву.

**Ключові слова:** сфероїдизувальне модифікування, модифікування в автоклаві, сендвіч-процес, інмолд-процес, високоміцний чавун з кулястим графітом.

**Герасименко О. В., Марков О. Є., Хващинський А. С., Житніков Р. Ю., Бочковой Д. О. Моделювання виробничого процесу формування внутрішньої структури ковальських заготовок // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У статті запропоновані нові науково-обґрунтовані розробки в галузі технологій і оснащення для виробництва злитків, розробки нових конструкторсько-технологічних рішень, що забезпечують вирішення важливої науково-технічної проблеми – економії матеріальних ресурсів і підвищенні якості злитків, що виготовляються. Ця проблема спрямована на необхідність зниження витрат і підвищення якості злитків. Встановлено, що для злитка з відношенням  $H/D = 1,1$  значна частина об'єму тіла злитка (60 ... 70 %) має щільну, однорідну, дрібнозернисту структуру. У нижній частині і в кутах з боку піддону утворюється дрібне зерно, що забезпечує щільну структуру. При цьому найбільш повно вимогам щільної будови і структурної однорідності відповідає злиток зі зворотною конусністю  $\gamma < 0^\circ$ . Такий злиток характеризується спрямованим зростанням кристалів від низу до верху. Більш того, зростання дендритних кристалів в поперечному напрямку, сприяє утворенню зони стовпчастих кристалів. Для злитків з  $H/D = 1,1$  максимальна висота фронту кристалізації від піддону складає 65 ... 75 % висоти тіла злитка при різних значеннях конусності. Це підтверджує те, що зменшення відношення висоти до середнього діаметру призводить до витіснення осьових дефектів ближче до прибуткової частини злитка. Таким чином, злиток з  $H/D = 1,1$  характеризується щільною і дрібнозернистою структурою. Було встановлено, що мінімальна глибина усадочної раковини відповідає злитку зі зворотною конусністю. З цього можна зробити висновок, що для забезпечення спрямованої кристалізації знизу вгору необхідно застосувати розширені в нижній частині злитки. Найбільш щільну і однорідну структуру забезпечує злиток з конусністю 7 %, маючи мінімальну глибину усадочної раковини, а також утворюється більш дрібна структура.

**Ключові слова:** кування, поковка, злиток, спрямована кристалізація, зворотна конусність, охолоджуваний піддон.

**Корчак О. С., Коткова В. В. Удосконалення систем керування силовими циліндрами автоматизованих гідропресових комплексів для запобігання їх рідинному голодуванню // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Метою роботи є удосконалення систем керування силовими циліндрами для запобігання їх рідинного голодування шляхом аналізу основних причин виникнення цього явища в гідрочиліндрах різного функціонального призначення з послідуною розробкою відповідних заходів його усунення. Розглянуті принципові особливості умов експлуатації силових циліндрів. Зауважено, що робочі циліндри мають найбільший об'єм серед гідрочиліндрів обладнання автоматизованих комплексів та в найбільшій мірі піддаються рідинному голодуванню. Описано метод запобігання рідинному голодуванню під час опускання рухомої поперечини до поковки. Відповідно до цього методу визначають відповідні параметри гідролінії «робочий циліндр – зливний клапан – наповнювально-зливний бак», зливні клапани максимально наближують до робочих циліндрів відповідних ступенів зусиль та зосереджують основну частку загального гідравлічного опору на відповідному зливному клапані. Компонування системи керування ходом наближення гідравлічного преса із запобіганням рідинному голодуванню силових циліндрів передбачає застосування відцентрового насоса з ресивером. Для запобігання рідинному голодуванню силових циліндрів в систему автоматичного керування пресом закладають алгоритм, відповідно до якого постійно контролюють показники датчиків системи керування та порівнюють поточний тиск у робочих циліндрах з розрахунковим, визначеним у даний момент часу з урахуванням змінного гідравлічного опору зливного клапана зворотних циліндрів. Наведена та проаналізована система керування силовими циліндрами автоматизованих гідропресових комплексів для запобігання їх рідинному голодуванню. Надано практичні рекомендації із запобігання рідинному голодуванню силових гідрочиліндрів автоматизованих гідропресових комплексів.

**Ключові слова:** прес гідравлічний, циліндр силовий, рідина робоча, рідинне голодування, клапан, тиск, гідролінія.

**Агєєва М. В., Дубинець Є. Ю., Ільяшенко С. О. Порошкові дроти для збільшення розгаростійкості наплавленого металу, що працює при підвищених температурах // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У статті розглянуті порошкові дроти для збільшення розгаростійкості наплавленого металу, що працює при підвищених температурах. Матеріал деталей, що працюють під навантаженням, при багаторазовому нагріванні і охолодженні повинен мати високу розгаростійкість. При низькій розгаростійкості робоча поверхня швидко покривається сіткою тріщин, що проникають іноді на велику глибину і викликають втрату розмірів і навіть руйнування штампів і пресів. Зазначені переваги і недоліки проаналізованих дротів. Найбільш ефективним способом підвищення стійкості прес-форм для формування скляних виробів є плазма-МІГ процес. Оптимальним матеріалом для відновлення і зміцнення чавунних прес-форм є метал типу 20Н50Д35СР, мікролегування якого берилієм (при одночасному виключенні з його складу бору і кремнію) призводить до різкого підвищення його розгаростійкості, при цьому максимальна її величина досягається при вмісті берилію в кількості 0,038 %, а при подальшому збільшенні вмісту берилію розгаростійкість наплавленого металу підвищується. Показано, що для

підвищення розгарстійкості слід використовувати наплавлювальний матеріал для плазма-МІГ наплавлення склоформ інструменту, виконаного зі сталі 20, що представляє собою порошковий дріт, для виготовлення якого використовували стрічку з нікелю марки НП-2 перетином  $0,5 \times 15$  мм і порошкоподібних шихту, що складається з (мас.%): хром – 62,5; вольфрам – 15,637; бор – 0,063; алюміній – 10; титан – 11,8. Розгарстійкість наплавлених прес-форм підвищується введенням до складу шихти порошкового дроту легкоплавкої суміші хлорної міді і хлористого калію і дозволяє зменшити кількість неметалевих включень в наплавленому металу. Розглянуті склади порошкових дротів, які підвищують розгарстійкість сплавів, що працюють в умовах гарячої обробки металів тиском.

**Ключові слова:** технологія наплавлення, порошкові дроти, розгарстійкість, гаряча обробка металів.

**Бугасенко Б. В., Бутурля Є. А., Костін О. М., Макаренко Н. О. Дослідження можливості використання припою ВПр36 для паяння жароміцних сплавів суднових газових турбін // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Робота присвячена використанню авіаційного припою ВПр36 для паяння жароміцних нікелевих сплавів морських газотурбінних двигунів (ГТД). Морські і авіаційні турбіни мають істотну відмінність в умовах роботи. Відмінності полягають у використанні морськими турбінами важкого палива з високим вмістом сірки, крім цього в процесі роботи відбувається взаємодія з парами солі морської води, що призводить до вкрай агресивному середовищі. Подібні умови відсутні в роботі авіаційних турбін, які працюють на чистому авіаційному гасі. Тому, сплави морських і авіаційних турбін мають різний хімічний склад. Для сплавів морських ВМД необхідна стійкість проти високотемпературної сольовий корозії (ВСК). Стійкістю проти ВСК повинні володіти припої їх з'єднують. Хром здатний забезпечити стійкість проти ТСК, тому його концентрація в морських ВМД складає більше 16 % мас. Негативним ефектом підвищеної концентрації хрому є знижена жароміцність, з цієї причини в авіаційних сплавах його зміст становить 6...8 % мас. Цього достатньо для забезпечення жаростійкості в умовах роботи авіаційних турбін. Для морських турбін актуально підвищення температури робочого тіла при збереженні стійкості проти ВСК. Це викликає необхідність підвищення температури роботи паяних з'єднань і, відповідно, температуру паяння. Для вирішення цієї проблеми було проведено дослідження можливості використання авіаційного припою ВПр36, в який був доданий депресант кремній. В роботі розглянуті характеристики розтікання припою з визначенням значущості факторів на них. Також проведено хімічний аналіз взаємодії суміші припою на предмет розподілу хімічних елементів. Рекомендована добавка до припою ВПр36 20 % припою НС12 і температура пайки 1220 °С.

**Ключові слова:** паяння, змочування, структура, високотемпературна корозія, характеристика припою, хімічний аналіз.

**Бутурля Є. А., Бугасенко Б. В., Петренко Л. М., Голуб Д. М. Особливості активного паяння кераміки з металами // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Під час паяння металів з керамікою, серед інших проблем, необхідно вирішувати наступні дві головні проблеми: змочування припоєм з'єднуваних поверхонь кераміки і металу та проблему залишкових напружень. З'єднання кераміки з металами супроводжується проблемами, пов'язаними з відмінностями фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей з'єднуваних матеріалів, утворенням крихких інтерметалідних фаз, відмінності капілярних властивостей і параметрів взаємодії припоїв з металами і керамікою, зокрема, поганим змочуванням кераміки та розтіканням припою по її поверхні. З метою зменшення напружень в керамічних кільцях паяних гермовводів запропоновано здійснювати введенням в припій порошкоподібного молібдену, який має КЛТР близький до КЛТР кераміки. Для зниження напруженого стану кераміки під час паяння з металами до вибраного складу припою системи Ti-Cu пропонується вводити 10...30 % мас молібдену з розмірами часток 5 мкм. Аналіз хімічного складу фаз сплаву Cu-Ti-Mo показує, що інтегральна концентрація молібдену в сплаві складає 25,1 %, мас. при концентрації титану 27,5...30,5 %, мас. у жодному випадку не виявлено ізолюваних часток молібдену. Локальний аналіз показав, що понад 60 %, мас. молібдену знаходиться в середині утворених фаз. На основі результатів досліджень можна зробити висновок, що додавання молібдену сприяє подрібненню структури сплаву Cu-Ti-Mo і в жодному разі не виявлено тріщин в сплаві. Це дозволяє прогнозувати позитивний вплив молібдену на формування паяних металокерамічних з'єднань.

**Ключові слова:** кераміка, ковар, молібден, контактено-реактивне паяння, змочування, напруження, металокераміка.

**Квасницький В. В., Квасницький В. Ф., Матвієнко М. В., Бутурля Є. А., Єрмолаєв Г. В., Голуб Д. М. Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану в умовах пружності при паянні і дифузійному зварюванні з прошарками в залежності від їх жорсткості // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

В роботі досліджено напружено-деформований стан (НДС) в межах пружності при дії термічного навантаження в вузлах з жароміцних сплавів. Для цих матеріалів основними способами з'єднання є дифузійне зварювання з прошарками і паяння, при якому прошарком є паяний шов, шириною до 0,1 мм. Розрахунок

виконувався для вузлів з прошарками, що мають малий коефіцієнт лінійного термічного розширення (КЛТР), тобто менший, ніж у основного металу. Розглядалися чотири варіанти товщини зі ступенем витягнутості ( $s/d$ ) від 0,0005 до 0,004 і три варіанти жорсткості матеріалу прошарку: з «м'яким» прошарком, що має модуль пружності менший, ніж основний метал, «нейтральним» прошарком з жорсткістю, однаковою з основним металом, і «жорстким», тобто з більшою, ніж у основного металу жорсткістю. Встановлено вплив жорсткості і товщини прошарків на НДС, який в стику поблизу зовнішньої поверхні має об'ємний характер. Товщина прошарку при великій мірі її витягнутості практично не впливає ні на характер НДС, ні на величину як окремих складових, так і еквівалентних напружень. При зміні товщини прошарку прямопропорційно змінюються тільки розміри зони об'ємного НДС, які так само, як і при силовому навантаженні осьовим навантаженням, співмірні з товщиною прошарку (близько 5 товщини прошарку). Характер розподілу коефіцієнтів жорсткості  $k_{жс} = \sigma_{1(3)}/\sigma_{екв}$  у всіх варіантах вузлів як в основному матеріалі, так і в прошарках, практично однаковий, тобто не залежить ні від товщини, ні від жорсткості прошарку. Як в основному металі, так і в прошарку ступінь зміни їх міцності і пластичності (зміцнення або знеміцнення) при температурному навантаженні вузла практично не залежить ні від товщини прошарку, ні від співвідношень жорсткості і КЛТР прошарку і основного матеріалу.

**Ключові слова:** модель, напруження, прошарки: «м'які», «жорсткі», «нейтральні», коефіцієнти жорсткості напруженого стану.

**Квасницький В. В., Матвієнко М. В., Квасницька Ю. Г., Бугаєнко Б. В., Бутурля Е. А., Макаренко Н. О. Особливості припою для паяння жароміцних нікелевих сплавів морських газових турбін // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Роботу присвячено паянню жароміцних нікелевих сплавів морських газових турбін нового покоління. Умови роботи авіаційних і морських турбін суттєво відрізняються. Морські турбіни працюють на важкому паливі з високим вмістом сірки і в турбіну попадають пари солей морської води, що створює надзвичайно агресивне середовище. Таких умов немає в авіаційних турбінах, які працюють на чистому авіаційному паливі. Тому сплави морських турбін і авіаційних мають різні хімічні складі. Сплавам морських турбін необхідне забезпечення стійкості проти високотемпературної сольової корозії (ВСК), швидкість якої може бути в сотні разів більшою швидкості корозії на повітрі або атмосфері кисню. Високу стійкість проти ВСК повинні мати також припої. Стійкість проти ВСК забезпечує хром, вміст якого в сплавах морських турбін складає більше 16 % мас. Але чим вища концентрація хрому, тим нижче їх жароміцність. Тому авіаційні сплави містять 6...8 % мас. хрому. Ця кількість хрому забезпечує жаростійкість сплаву авіаційних турбін. Для морських турбін актуальним завданням є підвищення їх ефективності, для чого потрібно підвищувати температуру робочого тіла і забезпечити стійкість проти ВСК. Відповідно потрібно підвищувати робочу температуру спаяних з'єднань і температуру паяння. Враховуючи комплекс вимог до сплавів морських турбін, для них розроблено нову систему легування, яку взято за основу при розробці нових припоїв. Методом ВДТА досліджено критичні температури виплавлених припоїв, з яких відібрали сплави для дослідження процесів змочування, розтікання та заповнення зазорів. Паралельно проведено розрахунки стійкості сплавів проти сігматизації, критичних точок, складу і вмісту  $\gamma$  і  $\gamma'$ -фаз, карбідів, боридів тощо. Дослідження ВСК проводили у розплаві солей 75 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 25 %  $\text{NaCl}$  при температурі 900 °C протягом 24 годин.

**Ключові слова:** жароміцні сплави, паяння, змочування, структура, високотемпературна корозія, технологічні властивості припоїв.

**Размишляєв О. Д., Агєєва М. В., Бган С. О. Порівняння ефективності поздовжніх і поперечних магнітних полів при дуговому зварюванні та наплавленні // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Показано, що при дуговому зварюванні та наплавленні дротом під флюсом використовують керуючі поздовжні магнітні поля (ПДМП) і поперечні магнітні поля (ПОМП). Застосування як ПДМП, так і ПОМП при оптимальних значеннях індукції магнітних полів дозволяє підвищити продуктивність розплавлення електродного дроту (коефіцієнт розплавлення) при дуговому зварюванні (наплавленні) на 20 ... 30%. Однак немає публікацій, в яких виконано порівняння ефективності використання керуючих ПДМП і ПОМП при дуговому зварюванні або наплавленні дротом під флюсом, що необхідно з метою раціонального вибору таких керуючих (зовнішніх) магнітних полів технологіями в області зварювального виробництва з урахуванням можливостей кожного з зазначених магнітних полів і з урахуванням особливостей конструкції, що зварюється (наплавляється). При дуговому зварюванні та наплавленні під флюсом з дією ПДМП коефіцієнт розплавлення дроту підвищується, якщо він виготовлений з феромагнітного матеріалу. Якщо дріт не феромагнетик, то підвищення коефіцієнту розплавлення дроту не відбувається. Якщо використовувати ПОМП, то коефіцієнт розплавлення дроту підвищується незалежно від її магнітних властивостей. При дуговому зварюванні та (наплавленні) дротом під флюсом з дією ПДМП і ПОМП значно зменшується глибина і площа зони проплавлення основного металу при використанні як феромагнітних, так і немагнітних основних і зварювальних матеріалів. Вказані (наведені посилання) на літературні джерела і коротко охарактеризовано методи розрахунку компонент індукції, які генерують пристрої введення (ПВ) ПДМП і ПОМП, в зоні зварювальної ванни. Вказані матеріали, з яких доцільно виготовляти фероосердя ПВ ПДМП і стрижні ПВ ПОМП.

Наведений порівняльний аналіз дозволяє встановити області раціонального використання керуючих ПДМП і ПОМП при дуговому зварюванні та наплавленні з урахуванням магнітних властивостей основних і зварювальних матеріалів.

**Ключові слова:** поперечне і поздовжнє магнітне поле, індукція, коефіцієнт розплавлення електродного дроту.

**Главацький К. Ц., Бондаренко Л. М., Посмітюха О. П. Раціональна величина розрахункового радіуса тертя плоских п'ят будівельних і дорожніх машин // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У даній роботі визначено положення середнього радіусу тертя, знайденого з рівності робіт сил тертя над і під його положенням, що дозволить судити про середні величини зносу, температури, тиску. Під'ятники можуть бути з плоскою, кільцевою і гребінчастою п'ятами. Величина моменту сил тертя, що виникають під дією осевої сили при ковзанні п'яти по під'ятниках, залежить від закону розподілу питомого тиску на опорній поверхні. Вважається, що для нових п'ят питомий тиск розподіляється рівномірно, а для притертих – із умови однакового зносу в усіх точках поверхні. Як у першому, так і у другому випадках момент тертя знаходиться виходячи із рівнодіючої розподіленого навантаження. Більш логічно розрахунок треба було б вести через середній радіус тертя, який знаходиться із рівності робіт сил тертя. Розглянуто: випадок рівномірного розподілу тиску; випадок розподілу тиску при однаковому зносі в усіх точках п'яти і задача, аналогічна розрахунку дисквих гальм. У результаті отримано вираз для визначення середнього радіусу тертя. Виконано аналіз отриманих залежностей і графіків, який дозволяє зробити наступні висновки: при рівномірному розподілі питомого тиску для кільцевої суцільної п'яти середні значення радіусів тиску, моментів тертя більш коректно визначити із рівності робіт щодо умовного середнього радіусу, оскільки існуючі формули припускають лінійну залежність між площею і розмірами; у вирішенні завдань при розподілі тиску для випадку однакового зносу в усіх точках п'яти більш точно знаходити із рівності площ прямокутника і фігури, обмеженої рівнянням, що визначає питомий тиск на встановленій відстані від центру п'яти.

**Ключові слова:** машина, плоска п'ята, радіус тертя, знос, температура, тиск.

**Главацький К. Ц., Бондаренко Л. М., Черкудінов В. Е. Мінімальний радіус перегину конвеєрних стрічок будівельних і дорожніх машин на кривих опуклостях вниз // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У статті розглядаються питання уточнення відомих методик визначення при заданому радіусі дуги кола траси конвеєра натягу стрічки, що забезпечує її необхідний тиск на роликкоопору. Існуючі теорії мало приділяють уваги тому, що рушійною силою роликів є опір коченню або зчеплення стрічки з поверхнею ролика (тертя спокою). Багатьма авторами було отримано велику кількість формул для визначення опору, у першу чергу, коченню. Але вони зазвичай містили величини, які визначалися експериментально і часто вимагали більшої праці і коштів, ніж визначення безпосередньо опору. До невирішених частин проблеми слід віднести: 1) вплив подовжнього зусилля у конвеєрній стрічці, як нитки, на її прогини; 2) вплив конструкції підшипникового вузла роликкоопори на опір її обертанню. Виконано аналіз проведених розрахунків і отриманих формул, що дозволило зробити наступні висновки і пропозиції: мінімальний радіус перегину стрічки опуклістю вниз залежить від величини тертя спокою між стрічкою і роликком нелінійно збільшуючись з його зменшенням; коефіцієнт опору руху стрічки залежить не тільки від типу підшипника кочення, а й від схеми виконання підшипникового вузла: при обертанні зовнішньої обойми (підшипник у роликку) опір коченню кулькового підшипника більше приблизно у два рази порівняно із вузлом, де обертається внутрішнього обойма (вузол на несучій конструкції); значна залежність опору руху стрічки від виконання підшипникового вузла вимагає економічних розрахунків при застосуванні того чи іншого підшипникового вузла; немає підстав розглядати конвеєрну стрічку як нитку як з урахуванням, так і без урахування подовжніх зусиль за рахунок опорів руху стрічки зважаючи на великі прогини при реальному натязі.

**Ключові слова:** машина, конвеєр, стрічка, перегин, радіус, опуклість вниз, уточнення розрахунку.

**Ловейкін В. С., Почка К. І., Ромасевич Ю. О. Вплив кута зміщення кривошипів на динаміку роликової формувальної установки із врахуванням дисипативних властивостей врівноваженого привідного механізму // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Для роликової формувальної установки з врівноваженим привідним механізмом розраховано навантаження в елементах її конструкції та приводу, отримано залежності для визначення зусилля в шатунах, яке необхідне для приведення в зворотно-поступальний рух формувальних візків, та нормальних реакцій напрямних руху формувальних візків на напрямні ролики в залежності від кута повороту кривошипів. При дослідженні навантажень використано двомасову динамічну модель роликової формувальної установки, в якій враховано сили та інерційні характеристики привідного двигуна і кожного з формувальних візків, жорсткість привідного механізму та його дисипація. Визначено функцію зміни необхідного крутного моменту на привідному валу кривошипів для забезпечення процесу ущільнення виробів з будівельних сумішей із урахуванням дисипації привідного механізму. За середнім значенням моменту сил опору за цикл повороту кривошипів визначено номінальну розрахункову потужність, за якою вибрано електродвигун, підібрано з'єднувальні муфти та редуктор.

Використовуючи рівняння Лагранжа другого роду, для роликів формувальної установки з врівноваженим приводом, представленої двомасовою динамічною моделлю, складено диференціальні рівняння руху. В результаті числового експерименту для роликів формувальної установки з врівноваженим привідним механізмом визначено значення жорсткості привідного механізму, зведеної до осі обертання кривошипів, за якого спостерігаються мінімальні навантаження у муфтах привідного механізму. Встановлено залежність моменту у муфті приводу від величини коефіцієнта дисипації та визначено рекомендовану величину коефіцієнта дисипації для роликів формувальної установки з врівноваженим привідним механізмом. Проаналізовано вплив кута зміщення кривошипів на динаміку роликів формувальної установки з врівноваженим привідним механізмом.

**Ключові слова:** роликів формувальна установка, привідний механізм, зусилля, момент, жорсткість, дисипація, динаміка.

**Ковалевський С. В., Літвиненко О. І. Дослідження зв'язку спектру термо-ЕРС з режимами різання та вихідними параметрами за допомогою SDR-технології // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

В зазначеній роботі розглянуто проблему діагностики та прогнозування стану технологічної системи обробки різанням за показниками шорсткості сліду різання вдовж і поперек руху ріжучого інструменту на основі спектру амплітудно-частотної характеристики термоелектрорушійної сили (термо-ЕРС), що утворюється в точці контакту ріжучого інструменту і заготовки, що оброблюють. Запропоновано вирішення проблеми у вигляді реєстрації сигналів за допомогою технології прямого перетворення височастотного сигналу термо-ЕРС – SDR-перетворення. Представлено сутність спектру перетворення височастотного спектру термо-ЕРС (до 1000 МГц) в низькочастотний (до 20000 Гц) та його зв'язок з вхідними та вихідними даними. Висунуто гіпотезу що до можливості прогнозування і оптимального налаштування технологічної системи металорізального верстату за показниками шорсткості на основі значень амплітудно-частотної характеристики термо-ЕРС, режимів різання та початкової шорсткості поверхні, що оброблюється. Наведено методику експериментальних досліджень з використанням ширококутового амплітудно-частотного пристрою прямого перетворення височастотних сигналів. Надані результати експериментальних досліджень. За допомогою побудованої сплайн-моделі на нейроподібних елементах спрогнозовано вихідна повздовжня шорсткість та умови оптимального налаштування технологічної системи обробки різанням.

**Ключові слова:** термоелектрорушійна сила, шорсткість, режими різання, електромагнітне випромінювання, SDR.

**Ковалевський С. В., Глушич К. С. Дослідження активаційного зміцнення робочих поверхонь деталей машин за допомогою нового виду обробки // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

В зазначеній роботі розглянуто проблему зношування контактуючих поверхонь деталей вузлів. Запропоновано вирішення проблеми у вигляді зміцнення поверхонь тертя за допомогою хімічного процесу епіламірування та активаційної дії обертового магнітного поля. Розглянуто сутність обертового магнітного поля, його принцип впливу. Висунута гіпотеза, що до поведінки зерен на робочій поверхні деталі в обертовому магнітному полі. Приведено розрахунки для створення інструменту що до створення обертового магнітного поля. Приведено послідовність проведення експериментальних досліджень. Експериментально досліджено метод підвищення твердості та зносостійкості за рахунок застосування відомого процесу епіламірування та активації його дії на робочій поверхні деталі за допомогою обертового магнітного поля. Встановлено залежності впливу параметрів обробки: тривалості впливу, збуджуючої частоти, швидкості обертання деталі на значення твердості та в подальшому на результати зносостійкості. Результати свідчать про наявність екстремальних значень твердості при резонансній частоті. Виявлено ефект екстремальної залежності твердості від тривалості процесу. Спостерігається ефект підвищення твердості при зменшенні швидкості обертання деталі. Експериментально виконано випробування на зносостійкість після зміцнення поверхні. За результатами ширини сліду зношування після випробування, отриманого шляхом створеного збільшеного зображення деталі камерою, було підтверджено підвищення зносостійкості поверхонь тертя при 3 хвилинах випробування – в 1,1...1,2 раз, при 6 хвилинах – в 1,3...1,4 раз, при 9 хвилинах – в 1,5...1,6 раз.

**Ключові слова:** довговічність, зносостійкість, твердість, епіламірування, обертове магнітне поле, збуджуюча частота, тривалість впливу, випробування, швидкість обертання, моделювання, поверхнево активна речовина.

**Олійник С. Ю., Колотілін П. І. Дослідження способу розкочування великогабаритних вкладишів підшипників ковзання // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статті представлено дослідження способу розкочування антифрикційної поверхні великогабаритних вкладишів підшипників ковзання, які використовуються в конструкціях прокатних станів в якості опори валків. Запропоновано спосіб фінішної обробки зазначеної поверхні, який відноситься до поверхнево-пластичного деформування. Аналіз науково-технічної літератури показав дефіцит даних про вплив режиму пластичного деформування на зносостійкість бабіту та якість обробленої поверхні. Через це застосування поверхнево-

пластичного деформування при обробці антифрикційних поверхонь вкладишів обмежене. Внутрішня поверхня вкладишів повинна відповідати високим вимогам за допуском форми, шорсткості, точності по товщині в будь-яких протилежних точках внутрішньої і зовнішньої поверхні. Для втулок-вкладишів з метою підвищення зносостійкості необхідно отримувати подрібнену мікроструктуру бабітового шару. В основу способу поставлено завдання щодо зменшення похибки форми та точності відносно зовнішньої поверхні, шорсткості поверхневого шару, подрібнення його мікроструктури та виключення переносу похибки технологічної системи на поверхню під час обробки. Втулка-вкладиш, яка розглянута, має низьку жорсткість. Приведено дослідження впливу величини нормальної сили, яка діє під час розкочування, на точність форми. Розрахунок похибки, яка виникає через відтиснення нежорсткої заготовки під дією сили, виконано при моделюванні обробки в прикладній програмі SolidWorks Simulation. Розрахунок показав, що похибка не перевищує припустиму. Представлений спосіб обробки поверхні дозволить: виправити похибку форми поверхні в повздовжньому та радіальному перетині до заявленої точності за креслеником; виключити перенос похибки технологічної системи на поверхню під час обробки; знизити шорсткість поверхні та подрібнити мікроструктуру поверхневого шару.

**Ключові слова:** підшипник ковзання, антифрикційний шар, бабіт, розкочування, кульковий розкатник, похибка форми.

**Шабета О. А. Міцність скла, модифікованого методами на основі іонного обміну та травлення // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Проаналізовано сучасні методи зміцнення скла, які базуються на частковому усуненні дефектів поверхневого шару або блокуванні дефектів, а також застосуванні комбінації цих методів. Розглянуто особливості методу іонного обміну в сольовій ванні, який полягає у витисненні іонів натрію іонами калію та створенні, за рахунок цього, в поверхневих шарах скла напружень стиску.

Досліджено стекла товщиною від 3 мм до 10 мм у вихідному стані та модифіковані промисловими технологіями травлення, іонного обміну, а також комбінованою обробкою травленням з іонним обміном. Експериментально визначено мінімальні, максимальні та середні значення границі міцності пластин зі скла у вихідному та модифікованому стані при короткочасному навантаженні в умовах вісесиметричного згину з локалізованою областю навантаження. Аналіз отриманих результатів показав, що, внаслідок різниці якості стекел у вихідному стані та складності контролю фактичних режимів зміцнення, величина границі міцності характеризується значним розкидом залежно від товщини деталей зі скла.

При розрахунку ефекту зміцнення в іонно-обмінному склі виходили з того, що дії залишкових напружень стиску в модифікованому шарі відповідає деякий умовний коефіцієнт інтенсивності напружень, який відображає «ефект закриття тріщини», обумовлений дією цих напружень. На основі врахування цього ефекту та лінійності розподілу залишкових напружень стиску по товщині модифікованого шару визначено величину цих напружень на поверхні іонно-обмінного скла та глибину зміцненого шару. Ефект зміцнення травленого скла з подальшим іонним обміном визначено експериментальним та розрахунковим методами. Отримано, що процес іонного обміну дещо псує поверхню скла. Перспективи комбінованої обробки з точки зору підвищення міцності скла полягають в контрольованому видаленні дуже тонкого поверхневого шару з подальшим захистом поверхні.

**Ключові слова:** скло, міцність, іонний обмін, травлення, комбінована обробка, залишкові напруження, ефект зміцнення.

**Захаренков Д. Ю., Шатохін В. М. Аналіз частотних характеристик математичної моделі дизель-генератора ЗТД-1 // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Відомі методи, апаратні засоби та прикладне програмне забезпечення оцінювання ідентичності робочих циклів дизель-генератора мають обмежену точність й продуктивність. Пропонується непрямий метод оцінювання налаштувань процесів подачі палива та повітря у циліндри на основі оброблення частотно-модульованого сигналу швидкості обертання колінчастого валу. Досліджено кінематичну схему побудови машинного агрегату ЗТД-1. У результаті аналізу особливостей її побудови встановлено, що отримати сигнал виміральної інформації про швидкість обертання колінчастого валу можливо шляхом встановлення первинного перетворювача біля першої маси випускного валу. У якості детермінованої математичної моделі кінематичної схеми дизель-генератора запропоновано механічну систему із трьома ступенями волі. Динаміка циліндрових мас описано системою інтегро-диференціальних рівнянь, яка встановлює інформаційні зв'язки між діями циліндрів та сигналом флуктуацій швидкості обертання першої маси. Отримано передавальні функції трактів «циліндри-колінчастий вал» та за допомогою програмного середовища MATLAB побудовано їхні логарифмічні амплітудно-частотні характеристики. Комп'ютерне моделювання процесів подачі палива у циліндри машинного агрегату ЗТД-1 виконується за допомогою амплітудних коефіцієнтів та частотного подання різницевого крутного моменту. Інформаційну технологію оцінювання ідентичності робочих циклів побудовано на основі розв'язування перевизначеної системи алгебраїчних рівнянь із використанням алгоритму мінімізації нев'язання. Відповідні апаратні засоби на підставі розрахованих значень амплітудних коефіцієнтів формують програмні зміни налаштувань процесів подачі палива та повітря в циліндри дизель-генератора ЗТД-1.

**Ключові слова:** частотно-модульований сигнал, флуктуації, непрямий метод вимірювань, математична модель, комп'ютерне моделювання, інформаційна технологія.

**Лауніконіс В. В., Трощій О. О., Івченков М. В. Дослідження асинхронних електроприводів подачі металорізальних верстатів // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

В сучасних приводах подачі верстатів з ЧПУ використовують, в основному, синхронні двигуни, двигуни постійного струму і крокові двигуни. Основним недоліком таких двигунів, є висока вартість і складність обслуговування. Асинхронні двигуни, в свою чергу, практично не застосовуються. Розвиток сучасних систем керування дозволяє досягти необхідної точності регулювання швидкістю асинхронного двигуна, що відкриває можливість їх використання в приводах подачі малопотужних металорізальних верстатів. Система векторного керування є однією з найбільш популярних і ефективних технологій регулювання координат асинхронного двигуна. Принцип векторного керування ґрунтується на регулюванні величини і кута струму і напруги кожної фази. Контроль крутного моменту, в цьому випадку, досягається шляхом управління величиною магнітного потоку. При векторному керуванні система координат  $d-q$  прив'язана до вектора потокозчеплення ротора, завдяки чому досягається поділ керуючих впливів для потокозчеплення ротора двигуна і крутного моменту. Це дозволяє керувати асинхронним двигуном подібно до того, як відбувається керування двигуном постійного струму. До того ж, асинхронний двигун позбавлений головного недоліку крокової двигуна, який полягає в дискретності зміни швидкості і моменту на валу, що негативно позначається на якості обробки. У даній статті представлений принцип синтезу і настройки системи векторного керування асинхронним електроприводом подачі.

В ході роботи було проведено моделювання в пакеті прикладних програм MATLAB Simulink і отримані графіки перехідних процесів при різних завданнях по положенню. В результаті аналізу отриманих графіків видно, що при великому завданні на положення система відпрацьовує його з перерегулюванням. При малому завданні перерегулювання прагне до нуля. Система векторного керування забезпечує статичні і динамічні режими роботи, які відповідні вимогам, що пред'являються до приводів подачі металорізальних верстатів, що обґрунтовує доцільність використання асинхронного двигуна. Це сприяє поліпшенню економічних показників (вартість, витрати на обслуговування і ін.) всієї системи електроприводу.

**Ключові слова:** вектор потокозчеплення, векторне управління, система координат, асинхронний двигун, електропривод, регулятор, моделювання, перехідні процеси, числове програмне управління.

**Лорія М. Г. Знаходження шляхів забезпечення максимальної ефективності роботи колони синтезу метанолу // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У роботі пропонується підхід до розробки системи керування з моделлю багатополічної колони синтезу. При цьому комбінована форма моделі дозволяє використовувати переваги експериментально-статистичного та детермінованого підходів для досягнення високої адекватності, легкої адаптованості й широкого діапазону застосування, що є ключовими аспектами при оптимізації й керуванні складними технологічними об'єктами. З використанням цього підходу розроблена модель триполічної колони синтезу у виробництві метанолу. На підставі отриманих результатів розробляються програми для реалізації запропонованих алгоритмів в АСК ТП виробництва метанолу, а також ведуться роботи з адаптації їх до виробництва метанолу. Впровадження даної системи дозволить звужити діапазон параметрів технологічного процесу навколо оптимального значення, що приведе до отримання реального економічного ефекту. Розроблена уточнена інформаційно-логічна схема колони синтезу метанолу, яка дозволила уточнити множинні внутрішні зв'язки об'єкта керування і охарактеризувати їх вплив на вихідні координати колони синтезу метанолу. Розроблено алгоритм роботи системи керування з моделлю колони синтезу метанолу. Отримано загальний вигляд математичної моделі колони синтезу метанолу з вбудованим внутрішнім теплообмінником, що дозволило отримати рівняння критерію оптимальності роботи колони. Запропонований підхід дозволяє на основі розв'язання оптимізаційної задачі отримати такі значення витрат «холодних» байпасів, при яких колона буде працювати в умовах, близьких до оптимальних. Це дозволяє здійснити швидкий «кидок» системи в область, близьку до оптимальної. Після цього, оптимальне на практиці значення концентрації метанолу на виході колони синтезу (максимальне значення) знаходиться з використанням методу Хука-Дживса. Розроблено функціональну схему автоматизації та проаналізовано комплекс технічних засобів, необхідних для реалізації запропонованої системи.

**Ключові слова:** системи керування з моделлю, математична модель, алгоритм оптимального керування, оптимізаційна задача, оптимальне значення.

**Люта А. В., Макшанцев В. Г., Афанасьєва М. А. Розробка тривимірної моделі процесу затвердіння сталі в кристалізаторі // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

З метою розробки заходів підвищення ефективності роботи машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) в статті було досліджено процес утворення скоринки. Було створено тривимірну модель процесу затвердіння, яка дозволяє розглянути злиток у поздовжньому і поперечному перерізі. Розроблена тривимірна модель процесу затвердіння сталі в кристалізаторі машини безперервного лиття заготовок виключає похибки, що мали



місце в інших дослідженнях вчених та більш точно описує процес кристалізації. Було розроблено блок-схему алгоритму побудови тривимірної моделі в режимі реального часу. Для реалізації системи було використано графічну бібліотеку OpenGL, яка на відміну від бібліотеки DirectX дозволяє перенести програмне забезпечення на різні платформи. При перерахунку температур всередині зливка використовується метод кінцевих різниць. Побудова тривимірної моделі процесу затвердіння сталі в кристалізаторі машини безперервного лиття заготовок наочно відображає розподіл температур в зливку, кордон фазового переходу, а також надає користувачеві можливість переглядати злиток в довільному перерізі. Злиток моделюється безліччю полігонів, що покривають перетин зливка і його межі. Колір кожного полігону визначається температурою відповідної ділянки зливка. З метою візуального розділення рідкої і твердої частини зливка в різних діапазонах температур були поставлені відповідні різні кольорні градієнти. Досліджено, що температура поверхні безперервнолитого зливка в міру просування його по кристалізатору інтенсивно падає і лише в нижній частині кристалізатора відбувається розігрів сформованої скоринки, що обумовлено значним збільшенням газового зазору між злитком і кристалізатором, що підтверджує адекватність розробленої моделі. Графік розподілу температур за поперечним перерізом безперервнолитого зливка в кристалізаторі має такий же вигляд і дає гарне візуальне уявлення про температурний стан всього поперечного перерізу заготовки. В результаті розробки та дослідження тривимірної моделі процесу затвердіння сталі було отримано графіки, що дають гарне візуальне уявлення про фазовий стан металу і динаміку його перетворення (рідкий метал, двофазна зона, твердий метал) в усьому поперечному перетині заготовки. Розроблена у статті тривимірна модель процесу затвердіння сталі може бути використана у дослідженні процесу утворення скоринки зливка в кристалізаторі різних МБЛЗ.

**Ключові слова:** машина безперервного лиття заготовок, злиток, кристалізатор.

**Приймак Б. І. Оптимізація моменту векторно-керованого асинхронного двигуна в режимі ослаблення поля із низькою параметричною чутливістю // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У статті розглядається тема підвищення показників якості векторно-керованих асинхронних двигунів (АД), які працюють як на значно нижчих, так і в декілька разів вищих від номінальної швидкостях ротора. На сьогодні відомі декілька варіантів систем автоматичного керування (САК) АД з максимізацією моменту у зоні ослаблення поля шляхом прямого формування оптимального потоку. Важливою перевагою цих систем є потенційна можливість отримання високої точності екстремального керування. Проте зміни напруги живлення інвертора та активних опорів двигуна можуть різко погіршити точність оптимізації. Виконані числові дослідження для двигуна потужністю 30 кВт показали, що максимальна відносна помилка оптимізації моменту внаслідок змін напруги живлення інвертора сягає декількох десятків відсотків, а внаслідок змін термозалежних опорів двигуна – знаходиться біля десяти відсотків. Тому важливою і актуальною є задача зниження параметричної чутливості вказаних систем. Метою даної праці є побудова оптимізатора моменту двигуна (ОМД) в режимі ослаблення поля, який забезпечить високу точність функціонування за умов істотних змін напруги живлення інвертора та активних опорів АД і буде нескладним у практичній реалізації. Запропоновано новий ОМД на основі пошукових таблиць (look-up tables), який діє наступним чином. У пошукові таблиці заносяться три опорні криві, що є оптимальними залежностями потокозчеплення ротора від швидкості двигуна для номінальної, мінімальної та максимальної напруги живлення інвертора відповідно. Для поточних від'ємних відхилень напруги живлення інвертора оцінка оптимального потокозчеплення ротора отримується як зважене середнє між виходами першої та другої таблиць, а для додатних – першої та третьої таблиць. Це дозволяє компенсувати вплив коливань напруги як на межу (базову) швидкість, так і на форму кривої оптимального потокозчеплення. Були проведені числові дослідження САК АД із запропонованим оптимізатором на інтервалі швидкостей від 0,5 до 5 номінальних значень. Результати засвідчили, що максимальна відносна помилка оптимізації моменту не перевищує 1–2 %. Отримана точність є досить доброю, вона більше ніж на порядок перевищує точність оптимізації моменту без компенсування впливу параметричних змін.

**Ключові слова:** асинхронний двигун, ослаблення поля, оптимізація моменту, параметрична чутливість, пошукова таблиця.

**Разживін О. В., Рудаков І. В., Охріменко О. М. Розробка і дослідження системи керування двохдвигунного електроприводу скрипкового конвеєру для транспортування вугілля // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У статті вирішена актуальна науково-технічна задача дослідження процесу управління багатодвигунним електроприводом скребкового конвеєра в перехідних режимах пуску і гальмування тягового органу. Проведено дослідження особливостей технологічного процесу регулювання швидкості двохдвигунного електроприводу, який складається з головного і хвостового двигунів. Проведено аналіз функціонування об'єкта, за яким встановлені параметри процесу управління. Удосконалена математична модель частотного регулювання швидкості взаємозв'язкового електроприводу, яка відрізняється тим, що враховує пружні взаємозв'язки між двигунами. Пружні взаємозв'язки створюються ланками приводного ланцюга скребкового конвеєра. На основі

розробленої математичної моделі створена автоматизована система управління швидкістю двохдвигунного електроприводу скребкового конвеєра. Розроблено структуру автоматизованої системи електроприводу скребкового конвеєра. Дослідження динамічних режимів функціонування двохдвигунного електроприводу конвеєра здійснено в МПП MATLAB. В результаті моделювання отримані графіки перехідних процесів швидкості і моменту для головного і хвостового електродвигунів, а також сигналу корекції завдання по швидкості. Промодельована реакція системи автоматичного управління на збурюючі впливи, проаналізована синхронізація по швидкості двохдвигунного електроприводу. Розроблену математичну модель доцільно використовувати для адаптації алгоритму запуску і зупинки скребкового конвеєра із заданими умовами експлуатації, що дозволить знизити енергетичні втрати при транспортуванні сипучих матеріалів.

**Ключові слова:** конвеєр, електропривод, частотний перетворювач, АСУ, контролер, математична модель, двохдвигунний електропривод.

**Сус С. П., Суботін О. В. Особливості визначення місця розташування гарячого прокату оптичним методом // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Розглянута можливість використовувати оптичний метод для визначення місця розташування гарячого прокату в методичних печах, на підході до клітей і в районі гідрозбиву окалини. На основі аналізу встановлено, що найбільш сприятливим являється оптичний метод. Однак через високу (1300–1700 °С) температуру в методичних печах, значну концентрацію водяної пари в районі гідрозбиву окалини, наявності оптичних та інших перешкод відбувається суттєве ослаблення інформаційного оптичного сигналу у зоні контролю. Встановлено, що зона контролю, з одного боку, подавляє інформаційний сигнал, що визначає робочий оптичний діапазон пристрою контролю, а з іншого – є потужним джерелом оптичних завад, а це накладає обмеження на параметри оптичного сигналу та способи його обробки. Отримані вирази, що зв'язують співвідношення діаметрів прийомної оптичної системи й оптичного променя в місці прийому. Виконана оптимізація параметрів оптичних систем пристрою контролю і отриманий вираз для визначення потужності зондувального оптичного сигналу на вході приймача. Встановлено, що для достовірного контролю місця розташування гарячого прокату в методичних печах оптичним методом джерелами інформаційного оптичного сигналу можуть бути інфрачервоні випромінюючі діоди із широким (0,7...1,05 мкм) спектром випромінювання. Для контролю наявності прокату в районі гідрозбиву окалини інформаційний оптичний сигнал повинен формуватися в діапазоні 1,2...5,0 мкм, а в якості джерела можна застосовувати напівпровідникові лазерні діоди. За результатами досліджень виготовлені та випробувані декілька експериментальних зразків пристроїв контролю. Результати випробувань підтвердили отримані теоретичні положення. Розроблений пристрій може бути застосований не тільки для визначення місця розташування гарячого прокату, але і як пристрій виявлення виробів у важкодоступних зонах, наприклад, для контролю параметрів робочого простору термічних установок і т. п.

**Ключові слова:** гарячий прокат, окалина, оптичний метод, пристрій контролю, інформаційний оптичний сигнал, оптичний промінь, оптичні завади, спектр випромінювання.

**Федотова О. П., Донченко Є. І., Лебідь В. Т. Імпульсний метод придушення вібрації при точінні деталей «по сліду» // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Токарна обробка є одним з основних процесів обробки промислового виробництва. Загальною проблемою для цих процесів є вібрація, що виникає під час операцій різання. Регенеративні коливання (або вібрація) негативно впливає на якість поверхні виробу і продуктивність верстата. Моделювання та аналіз стабільності механічної обробки необхідні для розуміння динаміки процесу і, зокрема, для прогнозування стабільності в процесах механічної обробки. Існує два джерела виникнення коливань: регенеративні та примусові коливання. Регенеративні коливання полягають в тому, що оброблена поверхня має хвилясту поверхню, яка під час наступного проходу створює ріжучу силу, що коливається. Ця флуктуація сили потім створює нову хвилясту поверхню. Цей процес самогенерується, так як сила різання завжди буде коливатися через хвилясту поверхню, і відносний рух між інструментом і деталлю триватиме, і кінцева оброблена поверхня буде хвилеподібною. Регенеративні коливання часто усуваються шляхом зміни параметрів різання, таких як швидкість шпинделя, глибина різання або швидкість подачі, в той час як примусові коливання знижуються шляхом усунення зовнішньої сили.

Було висунуто припущення про можливість подавлення регенеративних коливань шляхом коригування величини подачі. Зрозуміло, що такий вплив повинен мати короткочасний характер, щоб не внести похибку в геометрію обробки.

Таким чином, метою роботи є знаходження точок впливу і перевірка припущення про можливість подавлення регенеративних коливань шляхом короткочасного імпульсного впливу. Дослідження передбачається провести на моделі динамічної системи процесу точіння.

У даній роботі розглянуті наступні завдання:

– виконано аналіз динаміки процесу точіння з використанням методу розрахунку сил різання;

- поліпшена існуюча математична модель процесу точіння;
- проведено аналіз динаміки процесу точіння при різних значеннях параметрів обробки шляхом моделювання в програмному середовищі MATLAB;
- адекватність математичної моделі була проведена шляхом порівняння результатів моделювання з даними, отриманими на підставі емпіричних залежностей, і показала позитивний результат;
- запропонована структура системи мінімізації рівня вібрацій.

**Ключові слова:** точіння «по сліду», вібрація, регенеративні коливання, примусові коливання, сили різання, імпульсний метод.

**Циганаш В. Є., Піщуліна О. В., Максимов М. А., Білоіваненко Ю. С. Розробка нового критерію оптимального управління для потужного енергоспоживача // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Запропоновано підхід до визначення оптимальності режиму роботи силового ланцюга об'єкту, з одного боку інваріантний до розміру і форми вхідних сигналів, які можуть бути і не диференційованими, а з іншого боку – порівняно просто реалізується. Можливість подання  $K_n(t)$  як у фазочастотній області (ФЧО), так і в часовій області дозволяє формалізувати варіаційний принцип взаємності в цих областях і розглядати отримані значення як кластери системних парадигм, які добре доповнюють один одного. При поданні сигналів в ФЧО це дає можливість скоротити мірність простору і при цьому ще враховувати поточні зміни, що відбуваються в ньому за рахунок введення відносної системи відліку. Такий підхід до оцінки зміни енергії в системі зручний і тим, що при оптимальному режимі роботи системи дозволяє поєднати область допустимих їх значень і вести процес, не наближаючись до оптимальної траєкторії як в існуючих методах, а вести його безпосередньо по цієї траєкторії, що позитивно позначається на ефективності енергоперетворення. Таке сприятливе поєднання факторів дозволяє використовувати керований коливальний контур в якості моделі процесу і включити в процес управління енергоспоживачів особу, яка приймає рішення (оператора). Здійсненість ефективного включення в контур управління оператора стає можливою через виділення низькочастотної складової потужності, яка є основною при управлінні об'єктом і дозволяє домогтися більш дієвого узгодження частотних діапазонів роботи оператора і системи управління об'єктом. Рішення завдання вибору кращою альтернативи було апробовано в промислових умовах і впроваджено на дуговій сталеплавильній печі.

**Ключові слова:** енергоспоживачі, відносний рух, точність, швидкодія, імітаційна модель.

**Мельников О. Ю., Баган С. В. Розробка інформаційної системи для формування нових методів представлення даних у чотирьох та більше вимірах // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

В роботі описані поняття візуалізації даних і проблеми, що виникають у процесі представлення даних у чотирьох і більше вимірах. Розглянуто основні методи візуалізації багатомірних даних: піктографіка «обличчя Чернова», пелюсткова діаграма й паралельні координати. Проаналізовано існуючі рішення для представлення багатомірних даних і зроблено висновки, що жодне з існуючих програмних застосувань не дозволяє користувачеві створити візуалізатор відповідно до власних переваг. Виділено об'єкт дослідження: методи подання даних у чотирьох і більше вимірах; предмет дослідження: створення нових візуалізаторів для відображення таких даних. Сформульовано завдання проектування системи – застосування, що дозволяє користувачеві за допомогою графічних примітивів створити якийсь рисунок (схему) і визначити його параметри (для вимірів), при цьому рисунок-схема з усіма описами повинен зберігатися в спеціальному файлі, а потім використатися для візуалізації даних. Докладніше описаний метод обличчя Чернова, покладений в основу побудови нових візуалізаторів. Розроблено інформаційну модель такої системи у вигляді набору UML-діаграм (діаграма варіантів використання, що описує функціональні можливості системи; діаграма класів, що представляє структуру системи в термінах об'єктно-орієнтованого проектування, діаграма станів для типової роботи користувача). Здійснено програмну реалізацію моделі. Наведено приклади роботи програмного продукту, що показують його здатності працювати з даними (імпортувати дані з редактора електронних таблиць із автоматичним розрахунком числа вимірів, нормалізувати дані, зберегти дані), працювати з візуалізаторами й будувати багатомірні діаграми. Представлено приклад візуалізатора, що містить 4 елементи: 3 елементи типу «прямокутник» й 1 елемент типу «коло».

**Ключові слова:** багатомірні дані, візуалізація, обличчя Чернова, паралельні координати, пелюсткові діаграми, графічні примітиви, уніфікована мова моделювання, UML-діаграми, застосування.

**Шевченко Н. Ю., Ареф'єва О. Б. Прийняття рішень на основі прогнозування результатів спортивних змагань з використанням нейромережових технологій // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У статті розглянуто проблему прогнозування спортивних змагань. Зазначено, що сучасний підхід до спортивного прогнозування базується на оперуванні адекватною інформацією щодо особливостей стану спортсмена та команди в різні моменти часу і аналізі динаміки змагальної ефективності в минулому. В якості перспективного інструменту прогнозування, який дозволяє суттєво нівелювати ризик чуттєвості вихідних даних до коректності вхідних, в статті запропоновані нейронні мережі. Автори акцентують увагу, що визначення

оптимального складу команди є основним питанням, яке має вирішити тренер перед змаганнями, враховуючи низку внутрішніх та зовнішніх факторів гри. Визначення оптимального складу команди пропонується здійснювати, керуючись результатами прогнозування певного хокейного змагання. Для прогнозування результатів хокейних матчів запропонована багатоетапна математична модель. Перший етап передбачає проведення первинної оцінки команд в цілому і індивідуально кожного гравця за певними критеріями (показниками): стан команд в турнірній таблиці; коефіцієнт ефективності команд; надійність спортивних досягнень. Для оцінки стану команди в турнірній таблиці, в першу чергу, були визначені показники, що формують рейтинг хокейної команди та поділяються на стимулятори та дестимулятори. Другий етап передбачає прогнозування результату матчу (з певним суперником) в залежності від складу команди, зокрема від індивідуальних характеристик хокеїстів. Вихідна вибірка прикладів сформована на основі комбінацій «п'ятірок» гравців (два захисника, три нападника) і воротаря. В якості входів нейронної мережі використані усереднені значення індивідуальних показників хокеїстів. В якості виходів штучної нейронної мережі обрана кількість забитих і пропущених шайб ігровою «п'ятіркою». Запропонована методика прогнозування результатів матчів хокейного клубу реалізована програмно.

**Ключові слова:** прогнозування результатів хокейних матчів, нейронна мережа, алгоритм зворотного поширення помилки, програмне забезпечення.

**Шевченко В. В., Петренко М. Я. Про підвищення надійності роботи автоматичних установок гасіння пожеж на блоках АЕС // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Сучасні потреби людства в електроенергії безперервно збільшуються. Аналіз сучасних енергетичних систем України показав, що таке збільшення неможливо забезпечити без використання об'єктів ядерної енергетики. Тому майбутнє світової та національної енергетики пов'язано з подальшим збільшенням кількості і потужності АЕС. Але технічні системи великої складності і потужності, до яких відносяться об'єкти ядерної енергетики, характеризуються високим ризиком аварій, що сформували у населення стійке негативне ставлення до атомної енергетики. Однією з найважливіших завдань безпечного використання ядерної енергії є забезпечення безаварійної роботи блоків АЕС. Для цього в першу чергу слід знизити ймовірність виникнення пожеж, які є головними причинами загибелі персоналу і втрати матеріальних цінностей. За розрахунками фахівців МАГАТЕ руйнування пожежею одного блоку АЕС потужністю 1000 МВт дорівнює вибуху ядерної бомби в 1 мегатонну. Збільшення частоти великих пожеж на АЕС пов'язане зі старінням електрообладнання станцій, з підвищенням ризику помилкових дій персоналу станцій через збільшення на них психологічного навантаження при обслуговуванні зношеного обладнання. Для зниження частоти і тяжкості пожеж використовують досвід попередніх аварій, аналізують статистичні дані щодо причини виникнення і розвитку пожеж, о засобах гасіння пожеж, про дії персоналу в післяаварійних періодах. Необхідно продовжувати роботи щодо вдосконалення систем виявлення та оповіщення про виникнення пожежі, удосконалювати прийоми гасіння пожеж. Запропонована робота присвячена питанням підвищення надійності роботи системи оповіщення та пожежогасіння на енергоблоках АЕС України з реакторами ВВЕР-1000 за рахунок модернізації схеми пожежної автоматики. При виконанні модернізації запропоновано використовувати прийом дублювання сигналів, що приходять від автоматичної системи виявлення, гасіння пожежі та включення установок управління пожежними гідрантами. Виконано розрахунок ймовірності безвідмовної роботи базової і пропонованої схеми, який показав, що ймовірність безвідмовної роботи пропонованої схеми дорівнює 0,880, а базової – 0,658.

**Ключові слова:** пожежа на АЕС, автоматична установка пожежогасіння, пожежний насос, ймовірність безвідмовної роботи, дублювання каналів інформації.

**Подлесний С. В., Єрфорт Ю. О., Криворучек В. В. Використання інтерактивних технологій як засіб формування професійних компетенцій при викладанні загальноінженерних дисциплін // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Стаття присвячена актуальній проблемі впровадження інноваційних методів в процес навчання студентів інженерних спеціальностей ЗВО. В даний час ведеться інтенсивний пошук нових форм і методів викладання, що дозволяє говорити про перехід навчання від директивної моделі до інтерактивної, більш продуктивної і орієнтованої на особистість учня. В ході діалогового навчання студенти вчаться критично мислити, вирішувати складні проблеми на основі аналізу обставин і відповідної інформації, зважувати альтернативні думки, приймати продумані рішення, брати участь в дискусіях, спілкуватися з іншими людьми. Для цього на заняттях організуються парна і групова робота, застосовуються дослідні проекти, рольові ігри, йде робота з документами та різними джерелами інформації, використовуються творчі роботи. Надана класифікація інтерактивних методів навчання. Наведені приклади організації інтерактивних занять з конкретних тем теоретичної механіки для студентів інженерних спеціальностей з обов'язковою реалізацією компетентнісного підходу: круглий стіл (групові дискусії), ділова гра, Case-study. Це дозволяє удосконалювати підготовку студентів-інженерів, а також цілеспрямовано формувати творче інженерне мислення. Отримані результати можна використовувати в навчальному процесі вищих навчальних закладів при навчанні студентів різних напрямків підготовки в рамках зага-

льноінженерних дисциплін. Разом з тим, організація навчального процесу в інтерактивній формі висуває додаткові вимоги до психолого-педагогічної, методичної підготовки викладача, рівнем його інформаційної культури. Інтерактивний діалог дозволяє забезпечити перехід до якісно нового рівня педагогічної діяльності, значно збільшуючи її дидактичні, інформаційні, методичні та технологічні можливості.

**Ключові слова :** інноваційні методи і форми навчання, директивна модель навчання, інтерактивне навчання, активізація навчально-пізнавальної діяльності, компетентнісний підхід, інтерактивні заняття, Case-study, метод Insert, проблемний виклад, круглий стіл, групові дискусії, ділова гра.

**Подлесний С. В., Костіков О. А., Боровінський Б. В. Перспективи використання інноваційної SMART-освіти в ЗВО // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

У статті досліджено основні підходи до формування інноваційного спрямування в освіті – SMART-освіти. Наголошено на важливості створення системи SMART-освіти в Україні, що передбачає використання SMART-технологій, які мають значну кількість переваг. Молоде покоління має потребу у сучасних освітніх технологіях, збільшенні ваги електронних навчальних матеріалів, заміні «лінійної» подачі навчального матеріалу багаторівневими і багатовимірними нелінійними освітніми ресурсами, які можуть забезпечити індивідуальні освітні траєкторії, переорієнтації технологій навчання у бік особистісних та індивідуальних підходів, що призводить до розробки і впровадження інтелектуальних частково гейміфікованих навчальних віртуальних світів. SMART-навчання реалізується з використанням технологічних інновацій та інтернету, який надає студентам можливість придбання професійних компетенцій на основі системного багатовимірного бачення і вивчення дисциплін з урахуванням їх багатоаспектності і безперервного оновлення змісту. SMART-навчання повинно бути максимально включеним в життя слухача, носити неформальний характер, а також ґрунтуватися на технологіях, які сьогодні звичні для всіх. Щоб встигати за змінами, що відбуваються і зростаючими запитами студентів ЗВО необхідно відповідати наступним вимогам: гнучкість, пристосованість, якісні показники, інновації. Саме SMART-технології дозволяють розробляти революційні навчально-методичні матеріали, а також формувати індивідуальні траєкторії навчання для студентів. Наявність вищої якісної освіти – необхідна умова адаптації молодого людини до вирішення широкого класу життєво важливих завдань. SMART-освіта дозволяє розширити можливості розвитку особистості при вирішенні цих завдань в ситуаціях мінливого світу. Саме вона формує творчий потенціал майбутнього фахівця, необхідний в сучасних умовах.

**Ключові слова:** SMART-суспільство, SMART-освіта, SMART-технологія, освітній процес, освітній контент, ЗВО.

**Агравал П. Г., Турчанін М. А. Результати прогнозування концентраційних областей утворення аморфних сплавів загартуванням з розплавів подвійних систем (Fe, Co, Ni, Cu)–(Ti, Zr, Hf) // Вісник ДДМА. – 2019. – № 1 (45).**

Представлено результати прогнозування концентраційних областей аморфізації швидким загартуванням розплавів подвійних систем (Fe, Co, Ni, Cu)–(Ti, Zr, Hf). Для цього використані уявлення про хімічне впорядкування в переохолоджених розплавах, розвинені з використанням моделі асоційованого розчину. Ступінь ближнього порядку була оцінена як сума мольних часток асоціатів  $\Sigma x_{as}$ . Концентраційні області аморфізації швидким загартуванням були прогнозовані по емпіричному правилу, згідно з яким в розплавах, що аморфізуються, при температурі склування має виконуватися умова  $\Sigma x_{as} > 0,3$ . Прогнозовані концентраційні області аморфізації складають:  $x_{Ti} = 0,19-0,77$  (система Fe–Ti);  $x_{Zr} = 0,19-0,75$  (система Fe–Zr);  $x_{Hf} = 0,19-0,75$  (система Fe–Hf);  $x_{Ti} = 0,2-0,8$  (система Co–Ti);  $x_{Zr} = 0,16-0,81$  (система Co–Zr);  $x_{Hf} = 0,19-0,81$  (система Co–Hf);  $x_{Ti} = 0,16-0,77$  (система Ni–Ti);  $x_{Zr} = 0,16-0,77$  (система Ni–Zr);  $x_{Hf} = 0,16-0,77$  (система Ni–Hf);  $x_{Ti} = 0,3-0,81$  (система Cu–Ti);  $x_{Zr} = 0,21-0,8$  (система Cu–Zr) і  $x_{Hf} = 0,23-0,84$  (система Cu–Hf). Зіставлення прогнозованих концентраційних областей аморфізації зі складами експериментально отриманих аморфних сплавів демонструє їх однозначну відповідність. Кількісна відповідність між прогнозованими концентраційними границями і відомими з експерименту інтервалами аморфізації спостерігається для 17 концентраційних границь з 24. Запропонований підхід демонструє високу прогностичну цінність і дозволяє обґрунтовано поширити його на більш широке коло бінарних і багатокомпонентних систем перехідних металів, що відповідають промисловим аморфним сплавам.

**Ключові слова:** розплави систем перехідних металів, концентраційні області аморфізації розплавів, модель асоційованого розчину, аморфні сплави.

---

## АННОТАЦИИ

---

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Бережный С. П., Фетисов Р. Ю., Куликовский Р. А., Капустян А. Е., Кононенко А. В. Использование стружки P18 при изготовлении инструмента // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В данной работе разработана технология изготовления режущего инструмента – сверла перьевого из отходов стружки инструментальной стали P18. Предложена технология электрошлакового переплава стружки, загрязненной остатками смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). С целью выжигания остатков СОЖ в процессе электрошлакового переплава стружку предложено подавать на нерасходуемый графитовый электрод на расстоянии 200 мм от поверхности шлаковой ванны. В результате разогрева стружки теплом от нерасходуемого электрода и излучения шлаковой ванны остатки СОЖ воспламеняются и выгорают. Установлено, что в результате такой технологии происходит увеличение углерода в металле за счет сажи, образовавшейся при выгорании СОЖ. Содержание углерода в слитке увеличивается с 0,8 % до 1,0–1,1 %. Разработана конструкция стального кокиля, позволяющая получать слитки близкие по геометрической форме инструмента.

Исследована структура полученных слитков методом электрошлакового кокильного литья. Макроструктура слитков плотная с заметно выраженной направленной кристаллизацией. Дефекты литейного характера (поры, шлаковые включения и т. д.) отсутствуют. Установлено, что на расстоянии до 30 мм от стенки кокиля, отсутствует сплошная карбидная сетка. Отсутствие сплошной карбидной сетки позволило упростить процесс термической обработки и отказаться от длительного процесса гомогенизирующего отжига. Термическая обработка слитков P18 заключалась в изотермическом отжиге ( $925 \pm 25$  °C), выдержке 3 часа. Окончательная термическая обработка инструмента, с учетом более высокого содержания углерода, заключалась в закалке с более высокой температурой ( $1325 \pm 25$  °C). Твердость после закалки составила 54...58 HRC. После трехкратного отпуска (первый –  $600 \pm 10$  °C, второй и третий –  $570 \pm 10$  °C) твердость возросла до 61...64 HRC. Промышленные испытания показали, что сверла, изготовленные из отходов в виде стружки P18 по своим эксплуатационным и режущим свойствам аналогичны сверлам, изготовленным из кованого металла P18.

Технология позволила использовать отходы в виде стружки, отказаться от ее предварительной очистки, избежать операциюковки, таким образом снизить себестоимость изготовления инструмента.

**Ключевые слова:** стружка, отходы, инструментальная сталь, электрошлаковый переплав, электрошлаковое кокильное литье, режущий инструмент, термическая обработка.

**Фесенко М. А., Лукьяненко И. В. Влияние времени выдержки после сфероидизирующего модифицирования на структурообразование и механические свойства чугуна // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В работе представлен краткий обзор высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, описаны его преимущества и области использования, а также основные способы сфероидизирующего модифицирования расплава для его получения, такие как модифицирование в автоклаве, ковшевое (сэндвич-процесс) и внутриформенное модифицирование (инмолд-процесс). Указано основную отличительную технологическую особенность всех трех способов. На основе проведенного эксперимента проведен металлографический анализ. Установлено влияние времени выдержки расплава после сфероидизирующего модифицирования и до начала его кристаллизации в литейной форме на структурообразование в чугуне и, как следствие, его механические свойства. Определено, что проведение сфероидизирующего модифицирования в автоклаве и открытом ковше приводит к кристаллизации чугуна в образцах с поперечным сечением стенки 5 мм с образованием в структуре перлита, цементита и ледебурита с отдельными включениями графита шаровидной формы, а использование для модифицирования чугуна «инмолд-процесса» приводит к его кристаллизации без образования твердых включений структурноосвободного цементита и ледебурита, которые способствуют охрупчиванию чугуна и ухудшению его обрабатываемости. Также определен характер изменения микроструктуры образцов при изменении толщины их поперечного сечения. Установлено, что увеличение толщины поперечного сечения образцов приводит к перераспределению структурных составляющих чугуна и полному устранению включений цементита и ледебурита в структуре образцов, полученных способом модифицирования в открытом ковше и в автоклаве. Определены механические свойства в литом состоянии полученных в результате эксперимента отливок и установлена их связь со способами обработки чугуна расплава.

**Ключевые слова:** сфероидизирующее модифицирование, модифицирование в автоклаве, сэндвич-процесс, инмолд-процесс, высокопрочный чугун с шаровидным графитом.

**Герасименко А. В., Марков О. Е., Хващинский А. С., Житников Р. Ю., Бочковой Д. А. Моделирование производственного процесса формирования внутренней структуры кузнечных заготовок // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье предложены новые научно-обоснованные разработки в области технологий и оснастки для производства слитков, разработки новых конструкторско-технологических решений, обеспечивающих решение важной научно-технической проблемы – экономии материальных ресурсов и повышении качества изготавливаемых слитков. Эта проблема направлена на необходимость снижения затрат и повышения качества слитков.

Установлено, что для слитка с отношением  $H/D = 1,1$  большая часть объема тела слитка (60...70 %) имеет плотную, однородную, мелкозернистую структуру. В нижней части и в углах со стороны поддона образуется мелкое зерно, обеспечивающее плотную структуру. При этом наиболее полно требованиям плотного строения и структурной однородности отвечает слиток с обратной конусностью  $\gamma < 0^\circ$ . Такой слиток характеризуется направленным ростом кристаллов снизу вверх. Более того, рост дендритных кристаллов в поперечном направлении, способствует образованию зоны столбчатых кристаллов.

Для слитков с  $H/D = 1,1$  максимальная высота фронта кристаллизации от поддона составляет 65...75 % высоты тела слитка при различных значениях конусности. Это подтверждает то, что уменьшение отношения высоты к среднему диаметру приводит к вытеснению осевых дефектов ближе к прибыли. Таким образом, слиток с  $H/D = 1,1$  характеризуется плотной и мелкозернистой структурой.

Было установлено, что минимальная глубина усадочной раковины соответствует слитку с обратной конусностью. Из этого следует, что для обеспечения направленной кристаллизации снизу вверх необходимо применить уширенные в нижней части слитки. Наиболее плотную и однородную структуру обеспечивает слиток с конусностью 7 %, имея минимальную глубину усадочной раковины, а также образуется более мелкая структура.

**Ключевые слова:** ковка, поковка, слиток, направленная кристаллизация, обратная конусность, охлаждаемый поддон.

**Корчак Е. С., Коткова В. В. Совершенствование систем управления силовыми цилиндрами автоматизированных гидропрессовых комплексов для предотвращения их жидкостного голодания // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Целью работы является совершенствование систем управления силовыми цилиндрами для предотвращения их жидкостного голодания путем анализа основных причин возникновения этого явления в гидроцилиндрах различного функционального назначения с последующей разработкой соответствующих мер его устранения. Рассмотрены принципиальные особенности условий эксплуатации силовых цилиндров. Отмечено, что рабочие цилиндры имеют наибольший объем среди гидроцилиндров оборудования автоматизированных комплексов и в наибольшей степени подвергаются жидкостному голоданию. Описан метод предотвращения жидкостного голодания во время опускания подвижной поперечины к поковке. Согласно этому методу определяют соответствующие параметры гидролинии «рабочий цилиндр – сливной клапан – наполнительно-сливной бак», сливные клапаны максимально приближают к рабочим цилиндрам соответствующих ступеней усилий и сосредотачивают основную долю общего гидравлического сопротивления на соответствующем сливном клапане. Компоновка системы управления ходом приближения гидравлического пресса с предотвращением жидкостного голодания силовых цилиндров предусматривает применение центробежного насоса с ресивером. Для предотвращения жидкостного голодания силовых цилиндров в систему автоматического управления прессом закладывают алгоритм, в соответствии с которым постоянно контролируют показания датчиков системы управления и сравнивают текущее давление в рабочих цилиндрах с расчетным, определенным в данный момент времени с учетом переменного гидравлического сопротивления сливного клапана возвратных цилиндров. Приведена и проанализирована система управления силовыми цилиндрами автоматизированных гидропрессовых комплексов для предотвращения их жидкостного голодания. Даны практические рекомендации по предотвращению жидкостного голодания силовых гидроцилиндров автоматизированных гидропрессовых комплексов.

**Ключевые слова:** пресс гидравлический, цилиндр силовой, жидкость рабочая, жидкостное голодание, клапан, давление, гидролиния.

**Агеева М. В., Дубинец Е. Ю., Ильяшенко С. А. Порошковые проволоки для увеличения разгаростойкости наплавленного металла, работающего при повышенных температурах // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье рассмотрены порошковые проволоки для увеличения разгаростойкости наплавленного металла, работающего при повышенных температурах. Материал деталей, работающих под нагрузкой, при многократном нагревании и охлаждении должен иметь высокую разгаростойкость. При низкой разгаростойкости рабочая поверхность быстро покрывается сеткой трещин, проникающих иногда на большую глубину, и вызывают потерю размеров и даже разрушение штампа и прессов. Отмечены преимущества и недостатки проанализированных проволок. Наиболее эффективным способом повышения стойкости пресс-форм для формирования стеклянных изделий является плазма-МИГ процесс. Оптимальным наплавочным материалом для восстановления и укрепления чугунных пресс-форм является металл типа 20Н50Д35СР, микролегирование которого бериллием (при одновременном исключении из его состава бора и кремния) приводит к резкому повышению его разгаростойкости, при этом максимальная ее величина достигается при содержании бериллия в количества

0,038 %, а при дальнейшем увеличении содержания бериллия разгаростойкость наплавленного металла повышается. Показано, что для повышения разгаростойкости следует использовать наплавочный материал для плазма-МИГ наплавки стеклоформ инструмента, выполненного из стали 20, представляющий собой порошковую проволоку, для изготовления которого использовали ленту из никеля марки НП-2 сечением  $0,5 \times 15$  мм и порошкообразную шихту, состоящую из (мас.%): хром – 62,5; вольфрам – 15,637; бор – 0,063; алюминий – 10; титан – 11,8. Разгаростойкость наплавленных пресс-форм повышается введением в состав шихты порошковой проволоки легкоплавкой смеси хлорной меди и хлористого калия и позволяет уменьшить количество неметаллических включений в наплавленном металле. Рассмотрены составы порошковых проволок, которые повышают разгаростойкость сплавов, работающих в условиях горячей обработки металлов давлением.

**Ключевые слова:** технология наплавки, порошковые проволоки, разгаростойкость, горячая обработка металлов.

**Бугаенко Б. В., Бутурля Е. А., Костин А. М., Макаренко Н. А. Исследование возможности использования припоя ВПр36 для пайки жаропрочных сплавов судовых газовых турбин // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Работа посвящена использованию авиационного припоя ВПр36 для пайки жаропрочных никелевых сплавов морских газотурбинных двигателей (ГТД). Морские и авиационные турбины имеют существенное отличие в условиях работы. Отличия заключаются в использовании морскими турбинами тяжелого топлива с высоким содержанием серы, помимо этого в процессе работы происходит взаимодействие с парами соли морской воды, приводящее к крайне агрессивной среде. Подобные условия отсутствуют в работе авиационных турбин, которые работают на чистом авиационном керосине. Потому сплавы морских и авиационных турбин имеют различный химический состав. Для сплавов морских ГТД необходима стойкость против высокотемпературной солевой коррозии (ВСК). Стойкостью против ВСК должны обладать припой и их соединяющие. Хром способен обеспечить стойкость против ВСК, поэтому его концентрация в морских ГТД составляет более 16 % мас. Отрицательным эффектом повышенной концентрации хрома является пониженная жаропрочность, по этой причине в авиационных сплавах его содержание составляет 6...8 % мас. Этого достаточно для обеспечения жаростойкости в условиях работы авиационных турбин. Для морских турбин актуально повышение температуры рабочего тела при сохранении стойкости против ВСК. Это вызывает необходимость повышения температуры работы паяных соединений и, соответственно, температуру пайки. Для решения этой проблемы было проведено исследование возможности использования авиационного припоя ВПр36, в который был добавлен депрессант кремний. В работе рассмотрены характеристики растекания припоя с определением значимости факторов на них. Также проведен химический анализ взаимодействия смеси припоя на предмет распределения химических элементов. Рекомендована добавка к припою ВПр36 20 % припоя НС12 и температура пайки 1220 °С.

**Ключевые слова:** пайка, смачивание, структура, высокотемпературная коррозия, характеристика припоя, химический анализ.

**Бутурля Е. А., Бугаенко Б. В., Петренко Л. М., Голуб Д. М. Особенности активной пайки керамики с металлами // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

При пайке металлов с керамикой, среди других проблем, необходимо решать следующие две главные проблемы: смачивание припоем соединяемых поверхностей керамики с металлом и проблему остаточных напряжений. Соединение керамики с металлами сопровождается проблемами, связанными с различиями физико-химических и физико-механических свойств соединяемых материалов, образованием хрупких интерметаллидных фаз, различия капиллярных свойств и параметров взаимодействия припоев с металлами и керамикой, в частности, плохим смачиванием керамики и растеканием припоя по ее поверхности. С целью уменьшения напряжений в керамических кольцах паяных гермовводов, предложено осуществлять введение в припой порошкообразного молибдена, который имеет КЛТР близкий к КЛТР керамики. Для снижения напряженного состояния керамики при пайке с металлами к выбранному составу припоя системы Ti-Cu предлагается вводить 10 ... 30 %, мас. молибдена с размерами частиц 5 мкм. Анализ химического состава фаз сплава Cu-Ti-Mo показывает, что интегральная концентрация молибдена в сплаве составляет 25,1 %, мас. при концентрации титана 27,5 ... 30,5%, мас. ни в одном случае не выявлено изолированных частиц молибдена. Локальный анализ показал, что более 60 %, мас. молибдена находится в середине образованных фаз. На основе результатов исследований можно сделать вывод, что добавление молибдена способствует изменению структуры сплава Cu-Ti-Mo и ни в одном случае не обнаружено трещин в сплаве. Это позволяет прогнозировать положительное влияние молибдена на формирование паяных металлокерамических соединений.

**Ключевые слова:** керамика, ковар, молибден, контактно-реактивная пайка, смачивание, напряжение, металлокерамика.

**Квасницкий В. В., Квасницкий В. Ф., Матвиенко М. В., Бутурля Е. А., Ермолаев Г. В., Голуб Д. М. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния в условиях упругости при пайке и диффузионной сварке с прослойками в зависимости от их жесткости // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В работе исследовано напряженно-деформированное состояние (НДС) в пределах упругости при действии термической нагрузки в узлах из жаропрочных сплавов. Для этих материалов основными способами соединения являются диффузионная сварка с прослойками и пайка, при которой прослойкой является паяный шов, шириной до 0,1 мм. Расчет выполнялся для узлов с прослойками, имеющими малый коэффициент линейного термического расширения (КЛТР), то есть меньший, чем у основного металла. Рассматривались четыре варианта толщины со степенью вытянутости ( $s/d$ ) от 0,0005 до 0,004 и три варианта жесткости материала прослойки: с «мягкой» прослойкой, имеющей модуль упругости меньший, чем основной металл, «нейтральной» прослойкой с жесткостью, одинаковой с основным металлом, и «жесткой», то есть с большей,



чем у основного металла жесткостью. Установлено влияние жесткости и толщины прослоек на НДС, которое в стыке вблизи внешней поверхности имеет объемный характер. Толщина прослойки при большой степени ее вытянутости практически не влияет ни на характер НДС, ни на величину как отдельных составляющих, так и эквивалентных напряжений. При изменении толщины прослойки прямопропорционально изменяются только размеры зоны объемного НДС, которые так же, как и при силовом нагружении осевой нагрузкой, соизмеримы с толщиной прослойки (около 5 толщин прослойки). Характер распределения коэффициентов жесткости  $K_{жс} = \sigma_{1(3)}/\sigma_{эжв}$  во всех вариантах узлов как в основном материале, так и в прослойках, практически одинаков, то есть не зависит ни от толщины, ни от жесткости прослойки. Как в основном металле, так и в прослойке степень изменения их прочности и пластичности (упрочнения или разупрочнения) при температурном нагружении узла практически не зависит ни от толщины прослойки, ни от соотношений жесткости и КЛТР прослойки и соединяемого материала.

**Ключевые слова:** модель, напряжения, прослойки: «мягкие», «жесткие», «нейтральные», коэффициенты жесткости напряженного состояния.

**Квасницкий В. В., Матвиенко М. В., Квасницкая Ю. Г., Бугаенко Б. В., Бутурля Е. А., Макаренко Н. О. Особенности припоев для пайки жаропрочных никелевых сплавов морских газовых турбин // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Работа посвящена пайке жаропрочных никелевых сплавов морских газотурбинных двигателей (ГТД) нового поколения. Условия работы авиационных и морских турбин существенно отличаются. Морские газовые турбины работают на тяжелом топливе с высоким содержанием серы и в турбину попадают пары солей морской воды, что образует чрезвычайно агрессивную среду. Таких условий нет в авиационных турбинах, которые работают на чистом авиационном топливе. Поэтому сплавы морских ГТД и авиационных имеют разный состав. Сплавам морских ГТД необходимо обеспечить стойкость против высокотемпературной солевой коррозии (ВСК), скорость которой может быть в сотни раз больше скорости коррозии на воздухе или атмосфере кислорода. Высокую стойкость против ВСК должны иметь также припои. Стойкость против ВСК обеспечивает хром, содержание которого в сплавах морских турбин составляет более 16 % мас., но чем выше концентрация хрома, тем ниже их жаропрочность. Поэтому авиационные сплавы содержат 6...8 % мас. хрома. Это количество хрома обеспечивает жаростойкость сплавов авиационных турбин. Для морских турбин актуальной задачей является повышение их эффективности, для чего необходимо повышать температуру рабочего тела и обеспечить устойчивость против ВСК. Соответственно необходимо повышать рабочую температуру паяных соединений и температуру пайки. Учитывая комплекс требований к сплавам морских турбин, для них разработана новая система легирования, которую взяли за основу при разработке новых припоев. Методом ВДТА исследованы критические температуры выплавленных припоев, из которых выбрали сплавы для исследования процессов смачивания, растекания и заполнения зазоров. Параллельно проведены расчеты стойкости сплавов против сгматизации, критических точек, состава и количества  $\gamma$  и  $\gamma'$ -фаз, карбидов, боридов и др. Исследования ВСК проводили в расплаве 75 % Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 25% NaCl при температуре 900 °С в течение 24 часов.

**Ключевые слова:** жаропрочные сплавы, пайка, смачивание, структура, высокотемпературная коррозия, технологические особенности припоев.

**Размышляев А. Д., Агеева М. В., Бган С. А. Сравнение эффективности продольных и поперечных магнитных полей при дуговой сварке и наплавке // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Показано, что при дуговой сварке и наплавке проволокой под флюсом используют управляющие продольные магнитные поля (ПРМП) и поперечные магнитные поля (ПОМП). Применение как ПРМП, так и ПОМП при оптимальных значениях индукции магнитных полей позволяет повысить производительность расплавления электродной проволоки (коэффициент расплавления) при дуговой сварке (наплавке) на 20...30 %. Однако нет публикаций, в которых выполнено сравнение эффективности использования управляющих ПРМП и ПОМП при дуговой сварке или наплавке проволокой под флюсом, что необходимо с целью рационального выбора таких управляющих (внешних) магнитных полей технологами в области сварочного производства с учетом возможностей каждого из указанных магнитных полей и с учетом особенностей свариваемой (наплавляемой) конструкции. При дуговой сварке и наплавке под флюсом с воздействием ПРМП коэффициент расплавления проволоки повышается, если она изготовлена из ферромагнитного материала. Если проволока не ферромагнетик, то повышение коэффициента расплавления проволоки не происходит. Если использовать ПОМП, то коэффициент расплавления проволоки повышается независимо от ее магнитных свойств. При дуговой сварке и наплавке проволокой под флюсом с воздействием ПРМП и ПОМП значительно уменьшается глубина и площадь зоны проплавления основного металла при использовании как ферромагнитных, так и немагнитных основных и сварочных материалов. Указаны (приведены ссылки) на литературные источники и кратко охарактеризованы методы расчета компонент индукции, которые генерируют устройства ввода (УВ) ПРМП и ПОМП, в зоне сварочной ванны. Указаны материалы, из которых целесообразно изготавливать ферросердечник УВ ПРМП и стержни УВ ПОМП.

Приведенный сопоставительный анализ позволяет установить области рационального использования управляющих ПРМП и ПОМП при дуговой сварке и наплавке с учетом магнитных свойств основных и сварочных материалов.

**Ключевые слова:** поперечное и продольное магнитное поле, индукция, коэффициент расплавления электродной проволоки.

**Главацкий К. Ц., Бондаренко Л. Н., Посмитюха А. П. Рациональная величина расчетного радиуса трения плоских пят строительных и дорожных машин // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В данной работе определено положение среднего радиуса трения, найденного из равенства работ сил трения над и под его положением, что позволит судить о средних величинах износа, температуры, давления. Подпятники могут быть с плоской, кольцевой и гребенчатой пятнами. Величина момента сил трения, возникающих под действием осевой силы при скольжении пяты по подпятнику, зависит от закона распределения удельного давления на опорной поверхности. Считается, что для новых пят удельное давление распределяется равномерно, а для приработанных – из условия одинакового износа во всех точках поверхности. Как в первом, так и во втором случаях момент трения находится исходя из равнодействующей распределенной нагрузки. Более логично расчет надо было бы вести через средний радиус трения, который находится из равенства работ сил трения. Рассмотрены: случай равномерного распределения давления; случай распределения давления при одинаковом износе во всех точках пяты и задача, аналогичная расчету дисковых тормозов. В результате получено выражение для определения среднего радиуса. Выполнен анализ полученных зависимостей и графиков, который позволяет сделать следующие выводы: при равномерном распределении удельного давления для кольцевой сплошной пяты средние значения радиусов давления, моментов трения более корректно определить из равенства работ относительно условного среднего радиуса, поскольку существующие формулы предполагают линейную зависимость между площадью и размерами; в решении задач при распределении давления для случая одинакового износа во всех точках пяты более точно находить из равенства площадей прямоугольника и фигуры, ограниченной уравнением, определяющим удельное давление на установленном расстоянии от центра пяты.

**Ключевые слова:** машина, плоская пята, радиус трения, износ, температура, давление.

**Главацкий К. Ц., Бондаренко Л. Н., Черкудинов В. Э. Минимальный радиус перегиба конвейерных лент строительных и дорожных машин на кривых выпуклостях вниз // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье рассматриваются вопросы уточнения известных методик определения при заданном радиусе дуги окружности трассы конвейера натяжения ленты, обеспечивающее необходимое ее давление на роlikоопору. Существующие теории мало уделяют внимания тому, что движущей силой роликков является сопротивление качению или сцепление ленты с поверхностью ролика (трение покоя). Многими авторами было получено большое количество формул для определения сопротивления, в первую очередь, качению. Но они обычно содержали величины, которые определялись экспериментально и часто требовали большего труда и средств, чем определения непосредственно сопротивления. К нерешенным частям проблемы следует отнести: 1) влияние продольного усилия в конвейерной ленте, как нити, на ее прогибы; 2) влияние конструкции подшипникового узла роlikоопоры на сопротивление ее вращению. Выполнен анализ проведенных расчетов и полученных формул, что позволило сделать следующие выводы и предложения: минимальный радиус перегиба ленты выпуклостью вниз зависит от величины трения покоя между лентой и роликком, нелинейно увеличиваясь с его уменьшением; коэффициент сопротивления движению ленты зависит не только от типа подшипника качения, но и от схемы исполнения подшипникового узла: при вращении наружной обоймы (подшипник в роликке) сопротивление качению шарикового подшипника больше примерно в два раза по сравнению с узлом, где вращается внутренняя обойма (узел на несущей конструкции); значительная зависимость сопротивления движению ленты от исполнения подшипникового узла требует экономических расчетов при применении того или иного подшипникового узла; нет оснований рассматривать конвейерную ленту как нить как с учетом, так и без учета продольных усилий за счет сопротивлений движению ленты ввиду больших прогибов при реальных натяжениях.

**Ключевые слова:** машина, конвейер, лента, перегиб, радиус, выпуклость вниз, уточнение расчета.

**Ловейкин В. С., Почка К. И., Ромасевич Ю. А. Влияние угла смещения кривошипов на динамику роlikовой формовочной установки с учётом диссипативных свойств уравновешенного приводного механизма // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Для роlikовой формовочной установки с уравновешенным приводным механизмом рассчитаны нагрузки в элементах её конструкции и привода, получены зависимости для определения усилий в шатунах, необходимых для приведения в возвратно-поступательное движение формовочных тележек, и нормальных реакций направляющих движения формовочных тележек на направляющие роликки в зависимости от угла поворота кривошипов. При исследовании нагрузок использована двухмассовая динамическая модель роlikовой формовочной установки, в которой учтены силовые и энергетические характеристики приводного двигателя и каждой из формовочных тележек, жёсткость приводного механизма и его диссипация. Определена функция изменения необходимого крутящего момента на приводном валу кривошипов для обеспечения процесса уплотнения изделий из строительных смесей с учётом диссипации приводного механизма. По среднему значению момента сил сопротивления за цикл поворота кривошипов определена номинальная расчетная мощность, по которой выбран электродвигатель, подобраны соединительные муфты и редуктор. Используя уравнение Лагранжа второго рода, для роlikовой формовочной установки с уравновешенным приводом, представленной двухмассовой динамической моделью, составлены дифференциальные уравнения движения. В результате числового эксперимента для роlikовой формовочной установки с уравновешенным приводным механизмом определено значение жёсткости

приводного механизма, приведенной к оси вращения кривошипов, при которой наблюдаются минимальные нагрузки в муфтах приводного механизма. Установлена зависимость момента в муфте привода от величины коэффициента диссипации и определена рекомендованная величина коэффициента диссипации для роликовой формовочной установки с уравновешенным приводным механизмом. Проанализировано влияние угла смещения кривошипов на динамику роликовой формовочной установки с уравновешенным приводным механизмом.

**Ключевые слова:** роликовая формовочная установка, приводной механизм, усилие, момент, жёсткость, диссипация, динамика.

**Ковалевский С. В., Литвиненко А. И. Исследование связи спектра термо-ЭДС с режимами резания и выходными параметрами с помощью SDR-технологии // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В указанной работе рассмотрена проблема диагностики и прогнозирования состояния технологической системы обработки резанием по показателям шероховатости следа резки вдоль и поперек движения режущего инструмента на основе спектра амплитудно-частотной характеристики термоэлектродвижущей силы (термо-ЭДС), образующейся в точке контакта режущего инструмента и обрабатываемой заготовки. Предложено решение проблемы в виде регистрации сигналов с помощью технологии прямого преобразования высокочастотного сигнала термо-ЭДС – SDR-преобразования. Представлены сущность спектра преобразования высокочастотного спектра термо-ЭДС (до 1000 МГц) в низкочастотный (до 20000 Гц) и его связь с входными и выходными данными. Выдвинута гипотеза о возможности прогнозирования и оптимальной настройки технологической системе металлорежущего станка по показателям шероховатости на основе значений амплитудно-частотной характеристики термо-ЭДС, режимов резания и начальной шероховатости обрабатываемой поверхности. Приведена методика экспериментальных исследований с использованием широкополосного амплитудно-частотного устройства прямого преобразования высокочастотных сигналов. Приведены результаты экспериментальных исследований. С помощью построенной сплайн-модели на нейрореподобных элементах спрогнозирована исходная продольная шероховатость и условия оптимальной настройки технологической системы обработки резанием.

**Ключевые слова:** термоэлектродвижущая сила, шероховатость, режимы резания, электромагнитное излучение, SDR.

**Ковалевский С. В., Глушич К. С. Исследование активационного укрепления рабочих поверхностей деталей машин с помощью нового вида обработки // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В указанной работе рассмотрена проблема износа контактирующих поверхностей деталей узлов. Предложено решение проблемы в виде укрепления поверхностей трения с помощью химического процесса эпиламирования и активации действия вращающегося магнитного поля. Рассмотрены сущность вращающегося магнитного поля, его принцип действия. Выдвинута гипотеза, что к поведению зерен на рабочей поверхности детали во вращающемся магнитном поле. Приведены расчеты для создания инструмента по созданию вращающегося магнитного поля. Приведена последовательность проведения экспериментальных исследований. Экспериментально исследован метод повышения твердости и износостойкости за счет применения известного процесса эпиламирования и активации его действия на рабочей поверхности детали с помощью вращающегося магнитного поля. Установлены зависимости влияния параметров обработки: длительности воздействия, возбуждающей частоты, скорости вращения детали на значение твердости и в дальнейшем на результаты износостойкости. Результаты свидетельствуют о наличии экстремальных значений твердости при резонансной частоте. Обнаружен эффект экстремальной зависимости твердости от продолжительности процесса. Наблюдается эффект повышения твердости при уменьшении скорости вращения детали. Экспериментально выполнено испытание на износостойкость после укрепления поверхности. По результатам ширины следа износа после испытания, полученного путем созданного увеличенного изображения детали камерой, было подтверждено повышение износостойкости поверхностей трения при 3 минутах испытания – в 1,1 ... 1,2 раз, при 6 минутах – в 1,3 ... 1,4 раза при 9 минутах – в 1,5 ... 1,6 раза.

**Ключевые слова:** долговечность, износостойкость, твердость, эпиламирование, вращающееся магнитное поле, возбуждающая частота, длительность воздействия, испытание, скорость вращения, моделирование, поверхностно-активное вещество.

**Олейник С. Ю., Колотилин П. И. Исследование способа раскатывания крупногабаритных вкладышей подшипников скольжения // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье представлено исследование способа раскатывания антифрикционной поверхности крупногабаритных вкладышей подшипника скольжения, используемых в конструкциях прокатных станов в качестве опоры валков. Предложенный способ финишной обработки указанной поверхности относится к поверхностно-пластическому деформированию. Анализ научно-технической литературы показал недостаток данных о влиянии режима пластического деформирования на износостойкость баббита и качество обработанной поверхности. Поэтому применение поверхностно-пластического деформирования при обработке антифрикционных

поверхностей вкладышей ограничено. Внутренняя поверхность вкладышей должна соответствовать высоким требованиям по допуску формы, шероховатости, точности по толщине в любых противоположных точках внутренней и внешней поверхности. Для втулок-вкладышей с целью повышения износостойкости необходимо получать измельченную микроструктуру баббитового слоя. В основу способа поставлена задача снижения погрешности формы и точности внутренней поверхности относительно внешней, шероховатости поверхностного слоя, получение мелкозернистой структуры и исключения переноса погрешности технологической системы на поверхность во время обработки. Рассматриваемая втулка-вкладыш имеет низкую жесткость. Приведены исследования влияния величины нормальной силы, действующей во время процесса раскатки, на точность формы. Расчет погрешности, которая возникает из-за отжима нежесткой заготовки под действием силы, было выполнено при помощи моделирования в прикладной программе SolidWorks Simulation. Расчет показал, что погрешность не превышает допустимую. Представленный способ обработки поверхности позволит: исправить ошибку формы поверхности в продольном и радиальном сечении до заявленной точности по чертежу; исключить перенос погрешности технологической системы на поверхность во время обработки; снизить шероховатость поверхности и измельчить микроструктуру поверхностного слоя.

**Ключевые слова:** подшипник скольжения, антифрикционный слой, баббит, раскатка шариком, шариковый раскатчик, погрешность формы.

#### **Шабета А. А. Прочность стекла, модифицированного методами на основе ионного обмена и травления // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Проанализированы современные методы упрочнения стекла, основанные на частичном устранении дефектов поверхностного слоя или блокировании дефектов, а также применении комбинации этих методов. Рассмотрены особенности метода ионного обмена в солевой ванне, который заключается в вытеснении ионов натрия ионами калия и создании, за счет этого, напряжений сжатия в поверхностных слоях стекла.

Исследованы стекла толщиной от 3 мм до 10 мм в исходном состоянии и модифицированные промышленными технологиями химического травления, ионного обмена, а также комбинированной обработкой травлением с последующим ионным обменом. Экспериментально определены минимальные, максимальные и средние значения предела прочности пластин из стекла в исходном и модифицированном состоянии при кратковременной нагрузке в условиях осесимметричного изгиба с локализованной областью нагружения. Анализ полученных результатов показал, что, вследствие разницы качества стекол в исходном состоянии и сложности контроля фактических режимов упрочнения, величина предела прочности характеризуется значительным разбросом в зависимости от толщины деталей из стекла.

При расчете эффекта упрочнения в ионно-обменном стекле исходили из того, что действию остаточных напряжений сжатия в модифицированном слое соответствует некоторый условный коэффициент интенсивности напряжений, который отражает «эффект закрытия трещины», обусловленный действием этих напряжений. На основе учета этого эффекта и линейности распределения остаточных напряжений сжатия по толщине модифицированного слоя найдены величина этих напряжений на поверхности ионно-обменного стекла и глубина упрочненного слоя. Эффект упрочнения травленого стекла с последующим ионным обменом определен экспериментальным и расчетным методами. Установлено, что процесс ионного обмена несколько портит поверхность стекла. Перспективы комбинированной обработки с точки зрения повышения прочности стекла состоят в контролируемом удалении очень тонкого поверхностного слоя с последующей защитой поверхности.

**Ключевые слова:** стекло, прочность, ионный обмен, травление, комбинированная обработка, остаточные напряжения, эффект упрочнения.

#### **Захаренков Д. Ю., Шатохин В. М. Анализ частотных характеристик математической модели дизель-генератора ЗТД-1 // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Известные методы, аппаратные средства и прикладное программное обеспечение оценки идентичности рабочих циклов дизель-генератора имеют ограниченную точность и производительность. Предлагается косвенный метод оценивания настроек процесса подачи топлива и воздуха в цилиндры на основе обработки частотно-модулированного сигнала скорости вращения коленчатого вала. Исследована кинематическая схема построения машинного агрегата ЗТД-1. В результате анализа особенностей ее построения установлено, что получить сигнал измерительной информации о скорости вращения коленчатого вала возможно путем установки первичного преобразователя возле первой массы выпускного вала. В качестве детерминированной математической модели кинематической схемы дизель-генератора предложена механическая система с тремя степенями свободы. Динамика цилиндрических масс описана системой интегро-дифференциальных уравнений, которые устанавливают информационные связи между работой цилиндров и сигналом флуктуаций скорости вращения первой массы. Получены передаточные функции трактов «цилиндр-коленчатый вал» и с помощью программного обеспечения MATLAB построены их логарифмические амплитудно-частотные характеристики. Компьютерное моделирование процессов подачи топлива в цилиндры машинного агрегата ЗТД-1 выполняется с помощью амплитудных коэффициентов и частотного представления разностного крутящего момента. Информационная технология оценки идентичности рабочих циклов построена на основе решения переопределенной системы алгебраических

уравнений с использованием алгоритма минимизации невязки. Соответствующие аппаратные средства на основании рассчитанных значений амплитудных коэффициентов формируют программные изменения настроек процессов подачи топлива и воздуха в цилиндры дизель-генератора ЗТД-1.

**Ключевые слова:** частотно-модулированный сигнал, флуктуации, косвенный метод измерений, математическая модель, компьютерное моделирование, информационная технология.

**Лауниконис В. В., Троцкий А. А., Ивченков Н. В. Исследование асинхронных электроприводов подачи металлорежущих станков // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В современных приводах подачи станков с ЧПУ используют, в основном, синхронные двигатели, двигатели постоянного тока и шаговые двигатели. Основным недостатком таких двигателей, является высокая стоимость и сложность обслуживания. Асинхронные двигатели, в свою очередь, практически не применяются. Развитие современных систем управления позволяет достичь необходимой точности управления скоростью асинхронного двигателя, что открывает возможность их использования в приводах подачи маломощных металлорежущих станков. Система векторного управления является одной из наиболее популярных и эффективных технологий регулирования координат асинхронного двигателя. Принцип векторного управления основывается на регулировании величины и угла тока и напряжения каждой фазы. Контроль крутящего момента, в этом случае, достигается путем управления величиной магнитного потока. При векторном управлении система координат  $d-q$  привязана к вектору потокосцепления ротора, благодаря чему достигается разделение управляющих воздействий для потокосцепления ротора двигателя и крутящего момента. Это позволяет управлять асинхронным двигателем подобно тому, как происходит управление двигателем постоянного тока. К тому же, асинхронный двигатель лишен главного недостатка шагового двигателя, который заключается в дискретности изменения скорости и момента на валу, что негативно сказывается на качестве обработки. В данной статье представлен принцип синтеза и настройки системы векторного управления асинхронным электроприводом подачи.

В ходе работы было проведено моделирование в пакете прикладных программ MATLAB Simulink и получены графики переходных процессов при различных заданиях по положению. В результате анализа полученных графиков видно, что при большом задании на положение система обрабатывает его с перерегулированием. При малом задании перерегулирование стремится к нулю. Система векторного управления обеспечивает статические и динамические режимы работы, соответствующие требованиям, предъявляемым к приводам подачи металлорежущих станков, что обосновывает целесообразность использования асинхронного двигателя. Это способствует улучшению экономических показателей (стоимость, затраты на обслуживание и др.) всей системы электропривода.

**Ключевые слова:** вектор потокосцепления, векторное управление, система координат, асинхронный двигатель, электропривод, регулятор, моделирование, переходные процессы, числовое программное управление.

**Лория М. Г. Нахождение путей обеспечения максимальной эффективности работы колонны синтеза метанола // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В работе предлагается подход к разработке системы управления с моделью многополочной колонной синтеза. При этом комбинированная форма модели позволяет использовать преимущества экспериментально-статистического и детерминированного подходов для достижения высокой адекватности, простой адаптируемости и широкого диапазона применения, что является ключевыми аспектами при оптимизации и управлении сложными технологическими объектами. С использованием этого подхода разработана модель трехполочной колонны синтеза в производстве метанола. На основании полученных результатов разрабатываются программы для реализации предложенных алгоритмов в АСУ ТП производства метанола, а также ведутся работы по адаптации их к производству метанола. Внедрение данной системы позволит сузить диапазон параметров технологического процесса вокруг оптимального значения, которое приведет к получению реального экономического эффекта. Разработана уточненная информационно-логическая схема колонны синтеза метанола, которая позволила уточнить множественные внутренние связи объекта управления и охарактеризовать их влияние на исходные координаты колонны синтеза метанола. Разработан алгоритм работы системы управления с моделью колонной синтеза метанола. Получен общий вид математической модели колонны синтеза метанола со встроенным внутренним теплообменником, что позволило получить уравнение критерия оптимальности работы колонны. Предложенный подход позволяет на основе решения оптимизационной задачи получить такие значения затрат «холодных» байпасов, при которых колонна будет работать в условиях, близких к оптимальным. Это позволяет осуществить быстрый «бросок» системы в область, близкую к оптимальной. После этого оптимальное на практике значения концентрации метанола на выходе колонны синтеза (максимальное значение) находится с использованием метода Хука-Дживса. Разработана функциональная схема автоматизации и проанализирован комплекс технических средств, необходимых для реализации предлагаемой системы.

**Ключевые слова:** системы управления с моделью, математическая модель, алгоритм оптимального управления, оптимизационная задача, оптимальное значение.

**Люта А. В., Макшанцев В. Г., Афанасьева М. А. Разработка трехмерной модели процесса затвердевания стали в кристаллизаторе // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

С целью разработки мероприятий по повышению эффективности работы машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) в статье был исследован процесс образования корочки. Была создана трехмерная модель процесса затвердевания, которая позволяет рассмотреть слиток в продольном и поперечном сечении. Разработанная трехмерная модель процесса затвердевания стали в МНЛЗ исключает погрешности, имеющие место в других исследованиях ученых и более точно описывает процесс кристаллизации. Была разработана блок-схема алгоритма построения трехмерной модели в режиме реального времени. Для реализации системы была использована графическая библиотека OpenGL, которая в отличие от библиотеки DirectX позволяет перенести программное обеспечение на различные платформы. При пересчете температур внутри слитка используется метод конечных разностей. Построение трехмерной модели процесса затвердевания стали в кристаллизаторе МНЛЗ наглядно отражает распределение температур в слитке, границу фазового перехода, а также предоставляет пользователю возможность просматривать слиток в произвольном сечении. Слиток моделируется множеством полигонов, покрывающих сечение слитка и его границы. Цвет каждого полигона определяется температурой соответствующего участка слитка. С целью визуального разделения жидкой и твердой части слитка в различных диапазонах температур были поставлены в соответствие различные цветовые градиенты. Доказано, что температура поверхности непрерывнолитого слитка по мере продвижения его по кристаллизатору интенсивно падает и только в нижней части кристаллизатора происходит разогрев сформировавшейся корочки, что обусловлено значительным увеличением газового зазора между слитком и кристаллизатором, что подтверждает адекватность разработанной модели. График распределения температур по поперечному сечению непрерывнолитого слитка в кристаллизаторе имеет такой же вид и дает хорошее визуальное представление о температурном состоянии всего поперечного сечения заготовки. В результате разработки и исследования трехмерной модели процесса затвердевания стали были получены графики, дающие хорошее визуальное представление о фазовом состоянии металла и динамику его преобразования (жидкий металл, двухфазная зона, твердый металл) во всем поперечном сечении заготовки. Разработанная в статье трехмерная модель процесса затвердевания стали может быть использована в исследовании процесса образования корочки слитка в кристаллизаторе различных МНЛЗ.

**Ключевые слова:** машина непрерывного литья заготовок, слиток, кристаллизатор.

**Приймак Б. И. Оптимизация момента векторно-управляемого асинхронного двигателя в режиме ослабления поля с низкой параметрической чувствительностью // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье рассматривается тема повышения показателей качества векторно-управляемых асинхронных двигателей (АД), которые работают как на гораздо низших, так и в несколько раз высших от номинальной скоростях ротора. На сегодня известны несколько вариантов систем автоматического управления (САУ) АД с максимизацией момента в зоне ослабления поля путем прямого формирования оптимального потока. Важным преимуществом этих систем является потенциальная возможность получения высокой точности экстремального управления. Однако изменения напряжения питания инвертора и активных сопротивлений двигателя может резко ухудшить точность оптимизации. Проведенные численные исследования для двигателя мощностью 30 кВт показали, что максимальная относительная ошибка оптимизации момента вследствие изменений напряжения питания инвертора достигает нескольких десятков процентов, а вследствие изменений термозависимых сопротивлений двигателя – составляет около десяти процентов. Поэтому важной и актуальной является задача снижения параметрической чувствительности указанных систем. Целью настоящей работы является построение оптимизатора момента двигателя (ОМД) в режиме ослабления поля, который обеспечит высокую точность функционирования в условиях существенных изменений напряжения питания инвертора и активных сопротивлений АД, и будет несложным для практической реализации. Предложен новый ОМД на базе поисковых таблиц (look-up tables), который работает следующим образом. В поисковые таблицы записываются три опорные кривые, которые являются оптимальными зависимостями потокосцепления ротора от скорости двигателя для номинального, минимального и максимального напряжения питания инвертора соответственно. Для текущих отрицательных отклонений напряжения питания инвертора оценка оптимального потокосцепления ротора определяется как взвешенное среднее между выходами первой и второй таблиц, а для положительных – первой и третьей таблиц. Это позволяет компенсировать влияние колебаний напряжения как на граничную (базовую) скорость, так и на форму кривой оптимального потокосцепления. Были проведены численные исследования САУ АД с предложенным оптимизатором на интервале скоростей от 0,5 до 5 номинальных значений. Результаты показали, что максимальная относительная ошибка оптимизации момента не превышает 1–2 %. Полученная точность достаточно хорошая, она более чем на порядок превышает точность оптимизации момента без компенсации параметрических изменений.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, ослабление поля, оптимизация момента, параметрическая чувствительность, поисковая таблица.

**Разживин О. В., Рудаков И. В., Охрименко А. Н. Разработка и исследование системы управления двухдвигательного электропривода скребкового конвейера для транспортирования угля // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье решена актуальная научно-техническая задача исследования процесса управления многодвигательным электроприводом скребкового конвейера в переходных режимах пуска и торможения тягового органа. Проведено исследование особенностей технологического процесса регулирования скорости двухдвигательного электропривода, состоящего из головного и хвостового двигателей. Проведен анализ функционирования объекта, по которому установлены параметры процесса управления. Усовершенствована математическая модель частотного регулирования скорости взаимосвязного электропривода, которая отличается тем, что учитывает упругие взаимосвязи между двигателями. Упругие взаимосвязи создаются звеньями приводной цепи скребкового конвейера. На основе разработанной математической модели создана автоматизированная система управления скоростью двухдвигательного электропривода скребкового конвейера. Разработана структура автоматизированной системы электропривода скребкового конвейера. Исследования динамических режимов функционирования двухдвигательного электропривода конвейера осуществлено в МПП MATLAB. В результате моделирования получены графики переходных процессов по скорости и моменту для головного и хвостового электродвигателей, а также сигнала коррекции задания по скорости. Промоделирована реакция системы автоматического управления на возмущающие воздействия, проанализирована синхронизация по скорости двухдвигательного электропривода. Разработанную математическую модель целесообразно использовать для адаптации алгоритма запуска и остановки скребкового конвейера с заданными условиями эксплуатации, что позволит снизить энергетические потери при транспортировании сыпучих материалов.

**Ключевые слова:** конвейер, электропривод, частотный преобразователь, АСУ, контроллер, математическая модель, двухдвигательный электропривод.

**Сус С. П., Субботин О. В. Особенности определения места расположения горячего проката оптическим методом // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Рассмотрена возможность применять оптический метод для определения места расположения горячего проката в методических печах, на подходе к клетям и в районе гидросбива окалины. На основе анализа установлено, что самым удачным является оптический метод. Однако через высокую (1300–1700 °С) температуру в методических печах, значительную концентрацию водяного пара в районе гидросбива окалины, наличии оптических и других помех происходит существенное ослабление информационного оптического сигнала в зоне контроля. Установлено, что зона контроля, с одной стороны, подавляет информационный сигнал, что определяет рабочий оптический диапазон устройства контроля, а с другой – является мощным источником оптических помех, а это накладывает ограничения на параметры оптического сигнала и способы его обработки. Получены выражения, связывающие соотношения диаметров приемной оптической системы и оптического луча в месте приема. Выполнена оптимизация параметров оптических систем устройства контроля и получено выражение для определения мощности зондирующего оптического сигнала на входе приемника. Установлено, что для достоверного контроля места расположения горячего проката в методических печах оптическим методом источниками информационного оптического сигнала могут быть инфракрасные излучающие диоды с широким (0,7...1,05 мкм) спектром излучения. Для контроля наличия проката в районе гидросбива окалины информационный оптический сигнал должен формироваться в диапазоне 1,2...5,0 мкм, а в качестве источника можно использовать полупроводниковые лазерные диоды. По результатам исследований изготовлены и испытаны несколько экспериментальных образцов устройств контроля. Результаты испытаний подтвердили полученные теоретические положения. Разработанное устройство может быть применено не только для определения места расположения горячего проката, но и как устройство обнаружения изделий в труднодоступных зонах, например, для контроля параметров рабочего пространства термических установок и т. п.

**Ключевые слова:** термическая установка, фотоэлектрический метод, устройство контроля, зондирующий оптический сигнал, индицируемые объекты, спектр излучения.

**Федотова Е. П., Донченко Е. И., Лебедь В. Т. Импульсный метод подавления вибрации при точении деталей «по следу» // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Токарная обработка является одним из основных процессов обработки в машиностроении. Общей проблемой для этих процессов является вибрация, возникающая во время операций резания. Регенеративные колебания (или вибрация) оказывают негативное влияние на качество поверхности изделия и производительность станка. Моделирование и анализ стабильности механической обработки необходимы для понимания динамики процесса и, в частности, для прогнозирования стабильности в процессах механической обработки. Существует два источника возникновения колебаний: регенеративные и принудительные колебания. Регенеративные колебания заключаются в том, что обработанная поверхность имеет волнистую поверхность, которая во время следующего прохода создает колеблющуюся режущую силу. Эта флуктуация силы затем создает новую волнистую поверхность. Этот процесс самогенерируется, так как сила резания всегда будет колебаться из-за волнистой поверхности, и относительное движение между инструментом и деталью будет продолжаться, и конечная обработанная поверхность будет волнообразной. Регенеративные колебания часто устраняют путем изменения параметров резания, таких как скорость шпинделя, глубина резания или скорость подачи, в то время как принудительные колебания снижаются путем устранения внешней силы.

Было выдвинуто предположение о возможности подавления регенеративных колебаний путем коррекции величины подачи. Разумеется, такое воздействие должно носить кратковременный характер, чтобы не внести погрешность в геометрию обработки.

Таким образом, целью работы является нахождение точек воздействия и проверка предположения о возможности подавления регенеративных колебаний путем кратковременного импульсного воздействия. Исследование предполагается провести на модели динамической системы процесса точения.

В данной работе рассмотрены следующие задачи:

- выполнен анализ динамики процесса точения деталей с использованием метода расчёта сил резания;
- улучшена существующая математическая модель процесса точения;
- проведен анализ динамики процесса точения при различных значениях параметров обработки путём моделирования в программной среде MATLAB;
- адекватность математической модели проведена путём сравнения результатов моделирования с данными, полученными на основе эмпирических зависимостей, достигнут положительный результат;
- предложена структура системы минимизации уровня вибраций.

**Ключевые слова:** точение «по следу», вибрация, регенеративные колебания, принудительные колебания, силы резания, импульсный метод.

**Циганаш В. Е., Пищулина Е. В., Максимов М. А., Белоиваненко Ю. С. Разработка нового критерия оптимального управления для мощного энергопотребителя // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Предложен подход к определению оптимальности режима работы силовой цепи объекта, с одной стороны инвариантный к величине и форме входных сигналов, которые могут быть и не дифференцируемыми, а с другой стороны – сравнительно просто реализуемый. Возможность представления  $K_n(t)$  как в фазочастотной области (ФЧО), так и во временной области позволяет формализовать вариационный принцип взаимности в этих областях и рассматривать полученные значения как кластеры системных парадигм, хорошо дополняющих друг друга. При представлении сигналов в ФЧО это дает возможность сократить мерность пространства и при этом еще учитывать текущие изменения, происходящие в нем за счет введения относительной системы отсчета. Такой подход к оценке изменения энергии в системе удобен и тем, что при оптимальном режиме работы системы позволяет совместить область допустимых их значений и вести процесс, не приближаясь к оптимальной траектории как в существующих методах, а вести его непосредственно по этой траектории, что положительно сказывается на эффективности энергопреобразования. Такое благоприятное сочетание факторов позволяет использовать управляемый колебательный контур в качестве модели процесса и включить в процесс управления энергопотребителем лицо, принимающее решения (оператора). Осуществимость эффективного включения в контур управления оператора становится возможной из-за выделения низкочастотной составляющей мощности, которая является основной при управлении объектом и позволяет добиться более действенного согласования частотных диапазонов работы оператора и системы управления объектом. Решение задачи выбора предпочтительной альтернативы было опробовано в промышленных условиях и внедрено на дуговых сталеплавильных печах.

**Ключевые слова:** энергопотребители, относительное движение, точность, быстродействие, имитационная модель.

**Мельников А. Ю., Баган С. В. Разработка информационной системы для формирования новых методов представления данных в четырех и больше измерениях // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В работе описано понятие визуализации данных и проблемы, возникающие в процессе представления данных в четырех и более измерениях. Рассмотрены основные методы визуализации многомерных данных: пиктографика «лица Чернова», лепестковая диаграмма и параллельные координаты. Проанализированы существующие решения для представления многомерных данных и сделан вывод, что ни одно из существующих программных средств не позволяет пользователю самому создать визуализатор согласно собственным предпочтениям. Выделен объект исследования: методы представления данных в четырех и более измерениях; предмет исследования: создание новых визуализаторов для отображения таких данных. Сформулирована задача проектирования системы – приложения, позволяющего пользователю при помощи графических примитивов создать некий рисунок (схему) и определить его параметры (для измерений), при этом рисунок-схема со всеми описаниями должен сохраняться в специальном файле, а потом использоваться для визуализации данных. Подробнее описан метод лиц Чернова, положенный в основу построения новых визуализаторов. Разработана информационная модель такой системы в виде набора UML-диаграмм (диаграмма вариантов использования, описывающая функциональные возможности системы; диаграмма классов, представляющая структуру системы в терминах объектно-ориентированного проектирования, и диаграмма состояний для типовой работы пользователя). Осуществлена программная реализация модели. Приведены примеры работы программного продукта, показывающие его способности работать с данными (импортировать данные из редактора электронных таблиц с автоматическим расчетом числа измерений, нормализовать данные, сохранить данные), работать с визуализаторами и строить многомерные диаграммы. Представлен пример визуализатора, который содержит 4 элемента: 3 элемента типа «прямоугольник» и 1 элемент типа «круг».

**Ключевые слова:** многомерные данные, визуализация, лица Чернова, параллельные координаты, лепестковые диаграммы, графические примитивы, унифицированный язык моделирования, UML-диаграммы, приложение.



**Шевченко Н. Ю., Арефьева О. Б. Принятие решений на основе прогнозирования результатов спортивных соревнований с использованием нейросетевых технологий // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье рассмотрена проблема прогнозирования спортивных соревнований. Отмечено, что современный подход к спортивному прогнозированию базируется на оперировании адекватной информацией относительно особенностей состояния спортсмена и команды в разные моменты времени и анализе динамики состязательной эффективности в прошлом. В качестве перспективного инструмента прогнозирования, который позволяет существенно нивелировать риск чувственности выходных данных к корректности входных, в статье предложены нейронные сети. Авторы акцентируют внимание, что определение оптимального состава команды является основным вопросом, который должен решить тренер перед соревнованиями, учитывая ряд внутренних и внешних факторов игры. Определение оптимального состава команды предлагается осуществлять, руководствуясь результатами прогнозирования определенного хоккейного соревнования. Для прогнозирования результатов хоккейных матчей предложена многоэтапная математическая модель. Первый этап предусматривает проведение первичной оценки команд в целом и индивидуально каждого игрока по определенным критериям (показателям): состояние команд в турнирной таблице; коэффициент эффективности команд; надежность спортивных достижений. Для оценки состояния команды в турнирной таблице, в первую очередь, были определены показатели, которые формируют рейтинг хоккейной команды и разделяются на стимуляторы и дестимуляторы. Второй этап предусматривает прогнозирование результата матча (с определенным соперником) в зависимости от состава команды, в частности от индивидуальных характеристик хоккеистов. Исходная выборка примеров сформирована на основе комбинаций «пятерок» игроков (два защитника, три нападающего) и вратаря. В качестве входов нейронной сети использованы усредненные значения индивидуальных показателей хоккеистов. В качестве выходов искусственной нейронной сети используется количество забитых и пропущенных шайб игровой «пятерки». Предложенная методика прогнозирования результатов матчей хоккейного клуба реализована программно.

**Ключевые слова:** прогнозирование результатов хоккейных матчей, нейронная сеть, алгоритм обратного распространения ошибки, программное обеспечение.

**Шевченко В. В., Петренко Н. Я. О повышении надежности работы автоматических установок тушения пожаров на блоках АЭС // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Современные потребности человечества в электроэнергии непрерывно увеличиваются. Анализ современных энергетических систем Украины показал, что такое увеличение невозможно обеспечить без использования объектов ядерной энергетики. Потому будущее мировой и национальной энергетики связано с дальнейшим увеличением количества и мощности АЭС. Но технические системы большой сложности и мощности, к которым относятся объекты ядерной энергетики, характеризуются высоким риском аварий, что сформировали у населения устойчивое негативное отношение к атомной энергетике. Одной из важнейших задач безопасного использования ядерной энергии является обеспечение безаварийной работы блоков АЭС. Для этого в первую очередь следует снизить вероятность возникновения пожаров, которые являются главными причинами гибели персонала и утраты материальных ценностей. По расчетам специалистов МАГАТЭ разрушение пожаром одного блока АЭС мощностью 1000 МВт равно взрыву ядерной бомбы в 1 мегатонну. Увеличение частоты крупных пожаров на АЭС связано со старением электрооборудования станций, с повышением риска ошибочных действий персонала станций из-за увеличения на них психологической нагрузки при обслуживании изношенного оборудования. Для снижения частоты и тяжести пожаров используют опыт предыдущих аварий, проводят анализ статистических данных о причинах возникновения, развития и тушения пожаров, о действиях персонала в послеаварийных периодах. Необходимо продолжать работы по совершенствованию систем выявления и оповещения о возникновении пожара, совершенствовать приемы тушения пожаров. Настоящая работа посвящена вопросам повышения надежности работы системы оповещения и пожаротушения на энергоблоках АЭС Украины с реакторами ВВЭР-1000 за счет модернизации схемы пожарной автоматики. При выполнении модернизации предложено использовать прием дублирования приходящих сигналов от автоматической системы обнаружения, тушения пожара и включения установок управления пожарными гидрантами. Выполнен расчет вероятности безотказной работы базовой и предлагаемой схемы, который показал, что вероятность безотказной работы предлагаемой схемы равна 0,880, а базовой – 0,658.

**Ключевые слова:** пожар на АЭС, автоматическая установка пожаротушения, пожарный насос, вероятность безотказной работы, дублирование каналов информации.

**Подлесный С. В., Ерфорт Ю. А., Криворучек В. В. Использование интерактивных технологий как средство формирования профессиональных компетенций при преподавании общеинженерных дисциплин // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Статья посвящена актуальной проблеме внедрения инновационных методов в процесс обучения студентов инженерных специальностей ВУЗов. В настоящее время ведется интенсивный поиск новых форм и методов преподавания, что позволяет говорить о переходе обучения от директивной модели к интерактивной, более производительной и ориентированной на личность обучающегося. В ходе диалогового обучения студенты учатся критически мыслить, решать сложные проблемы на основе анализа обстоятельств и соответствующей информации, взвешивать альтернативные мнения, принимать продуманные решения, участвовать в дискуссиях, общаться с другими людьми. Для этого на занятиях организуется парная и групповая работа, применяются исследовательские проекты, ролевые игры, идет работа с документами и различными источниками информации,

используются творческие работы. Дается классификация интерактивных методов обучения. Приведены примеры организации интерактивных занятий по конкретным темам теоретической механики для студентов инженерных специальностей с обязательной реализацией компетентностного подхода: круглый стол (групповые дискуссии), деловая игра, Case-study. Это позволяет совершенствовать подготовку студентов инженеров, а также целенаправленно формировать творческое инженерное мышление. Полученные результаты можно использовать в учебном процессе высших учебных заведений при обучении студентов различных направлений подготовки в рамках общеинженерных дисциплин. Вместе с тем, организация учебного процесса в интерактивной форме выдвигает дополнительные требования к психолого-педагогической, методической подготовке преподавателя, уровню его информационной культуры. Интерактивный диалог позволяет обеспечить переход на качественно новый уровень педагогической деятельности, значительно увеличивая ее дидактические, информационные, методические и технологические возможности.

**Ключевые слова:** инновационные методы и формы обучения, директивная модель обучения, интерактивное обучение, активизация учебно-познавательной деятельности, компетентностный подход, интерактивные занятия, Case-study, метод Insert, проблемное изложение, круглый стол, групповые дискуссии, деловая игра.

**Подлесный С. В., Костиков А. А., Боровинский Б. В. Перспективы использования инновационного SMART-образования в ВУЗах // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

В статье исследованы основные подходы к формированию инновационного направления в образовании – SMART-образовании. Подчеркнута важность создания системы SMART-образования в Украине, которая предусматривает использование SMART-технологий и имеет значительное количество преимуществ. Молодое поколение нуждается в современных образовательных технологиях, увеличении веса электронных учебных материалов, замене «линейной» подачи учебного материала многоуровневыми и многомерными нелинейными образовательными ресурсами, которые могут обеспечить индивидуальные образовательные траектории, переориентацию технологий обучения в сторону личностных и индивидуальных подходов, что приведет к разработке и внедрению интеллектуальных частично геймифицированных учебных виртуальных миров. SMART-обучение реализуется с использованием технологических инноваций и интернета, который предоставляет студентам возможность приобретения профессиональных компетенций на основе системного многомерного видения и изучения дисциплин с учетом их многоаспектности и непрерывного обновления содержания. SMART-обучение должно быть максимально включенным в жизнь слушателя, носить неформальный характер, а также основываться на технологиях, которые сегодня привычны для всех. Чтобы успевать за происходящими изменениями и растущими запросами студентов ВУЗам необходимо соответствовать следующим требованиям: гибкость, приспособляемость, качественные показатели, инновации. Именно SMART-технологии позволяют разрабатывать революционные учебно-методические материалы, а также формировать индивидуальные траектории обучения для студентов. Наличие высшего качественного образования – необходимое условие адаптации молодого человека к решению широкого класса жизненно важных задач. SMART-образование позволяет расширить возможности развития личности при решении этих задач в ситуациях меняющегося мира. Именно оно формирует творческий потенциал будущего специалиста, необходимый в современных условиях.

**Ключевые слова:** SMART-общество, SMART-образование, SMART-технология, образовательный процесс, образовательный контент, ВУЗ.

**Агравал П. Г., Турчанин М. А. Результаты прогнозирования концентрационных областей образования аморфных сплавов закалкой из расплавов двойных систем (Fe, Co, Ni, Cu)–(Ti, Zr, Hf) // Вестник ДГМА. – 2019. – № 1 (45).**

Представлены результаты прогнозирования концентрационных областей аморфизации быстрой закалкой расплавов бинарных систем (Fe, Co, Ni, Cu)–(Ti, Zr, Hf). Для этого использованы представления о химическом упорядочении в переохлажденных расплавах, развитые с использованием модели ассоциированного раствора. Степень ближнего порядка была оценена как сумма мольных долей ассоциатов  $\Sigma x_{as}$ . Концентрационные области аморфизации быстрой закалкой были прогнозированы по эмпирическому правилу, согласно которому в аморфизирующихся расплавах при температуре стеклования должно выполняться условие  $\Sigma x_{as} > 0,3$ . Прогнозируемые концентрационные области аморфизации составляют:  $x_{Ti} = 0,19-0,77$  (система Fe–Ti);  $x_{Zr} = 0,19-0,75$  (система Fe–Zr);  $x_{Hf} = 0,19-0,75$  (система Fe–Hf);  $x_{Ti} = 0,2-0,8$  (система Co–Ti);  $x_{Zr} = 0,16-0,81$  (система Co–Zr);  $x_{Hf} = 0,19-0,81$  (система Co–Hf);  $x_{Ti} = 0,16-0,77$  (система Ni–Ti);  $x_{Zr} = 0,16-0,77$  (система Ni–Zr);  $x_{Hf} = 0,16-0,77$  (система Ni–Hf);  $x_{Ti} = 0,3-0,81$  (система Cu–Ti);  $x_{Zr} = 0,21-0,8$  (система Cu–Zr) и  $x_{Hf} = 0,23-0,84$  (система Cu–Hf). Сопоставление прогнозируемых концентрационных областей аморфизации с составами экспериментально полученных аморфных сплавов демонстрирует их однозначное соответствие. Количественное соответствие между прогнозируемыми концентрационными границами и известными из эксперимента интервалами аморфизации наблюдается для 17 концентрационных границ из 24. Предложенный подход демонстрирует высокую прогностическую ценность и позволяет обоснованно распространить его на более широкий круг бинарных и многокомпонентных систем переходных металлов, отвечающих промышленным аморфным сплавам.

**Ключевые слова:** расплавы систем переходных металлов, концентрационные области аморфизации расплавов, модель ассоциированного раствора, аморфные сплавы.

## ABSTRACTS

---

### TECHNICAL SCIENCES

---

**Berezhny S. P., Fetisov R. Yu., Kulikovskiy R. A., Kapustyan O. Ye., Kononenko A. V. The use of chip P18 in the manufacture of tools // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

In this work, the technology of making a cutting tool - a drill bit of the scrap waste of tool steel P18 – has been developed. The technology of electroslag remelting of chips contaminated by the residuals of the lubricant-coolant (LCF) is proposed. In order to burn the residual LCF in the process of electroslag remelting, the shaving is proposed to be fed to a non-consumable graphite electrode at a distance of 200 mm from the surface of the slag bath. As a result of heating the chips by heat from the unprotected electrode and the radiation of the slag bath, the residual LCF will ignite and burn out. It is established that as a result of such technology, an increase in carbon in the metal occurs due to soot formed during the burning down of a coolant. The carbon content of the ingot increases from 0,8 % to 1,0–1,1 %. The design of the steel chalk, designed to produce ingots close to the geometric shape of the tool, has been developed.

The structure of received ingots by the method of electroslag casting molding is studied. The macrostructure of the ingots is dense with pronounced directed crystallization. Defects of the foundry nature (pores, gluttonous inclusions, etc.) are absent. It was established that at a distance of up to 30 mm from the wall of the chalk, there is no solid carbide wire. The absence of a solid carbide wire allowed to simplify the heat treatment process and to abandon the long process of homogenizing annealing. The thermal treatment of ingot P18 consisted of isothermal annealing ( $925 \pm 25$  °C), annealing for 3 hours. The final thermal treatment of the tool, taking into account the higher carbon content, consisted in quenching with a higher temperature ( $1325 \pm 25$  °C). Hardness after quenching was 54...58 HRC. After a three-time release (the first -  $600 \pm 10$  °C, the second and third -  $570 \pm 10$  °C), the hardness increased to 61...64 HRC. Industrial tests have shown that drillers made of P18 chips according to their operational and cutting properties are similar to drill bits made of wrought metal P18.

The technology has allowed the use of waste chips, refuse to pre-clean it, avoid forging operations, thus reducing the cost of manufacturing the tool.

**Keywords:** chips, waste, tool steel, electroslag remelting, electroslag casting, cutting tools, heat treatment.

**Fesenko M. A., Lukianenko I. V. Effect of exposure time after spheroidizing modification on structure formation and mechanical properties of cast iron // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The paper presents a brief overview of ductile cast iron, describes its advantages and areas of use, as well as the main methods of spheroidizing modifying of the melt, such as autoclave modifying, ladle (sandwich process) and in-mold modifying (in-mold process). The main distinctive technological feature of all three methods is indicated. On the basis of the experiment, a metallographic analysis was performed. The influence of the exposure time of the melt after spheroidizing modification and prior to the beginning of its crystallization in the casting mold on the structure formation in the iron and, as a result, its mechanical properties is established. It has been determined that carrying out spheroidizing modification in an autoclave and an open ladle leads to crystallization of cast iron in samples with a cross section of a wall of 5 mm with the formation of pearlite, cementite and ledeburite with individual inclusions of graphite of spherical shape in the structure, and the use of an in-mold process for modifying cast iron results to its crystallization without the formation of hard inclusions of structural-free cementite and ledeburite, which contribute to the embrittlement of the iron and the deterioration of its workability. Also determined the nature of changes in the microstructure of the samples with a change in the thickness of their cross section. It has been established that an increase in the thickness of the cross section of the samples leads to a redistribution of the structural components of cast iron and the complete elimination of inclusions of cementite and ledeburite in the structure of the samples obtained by the modification method in an open ladle and in an autoclave. The mechanical properties of the castings obtained as a result of the experiment were determined in the cast state and their connection with the methods of cast-iron melt treatment was established.

**Keywords:** spheroidizing modifying, autoclave modifying, sandwich process, in-mold process, ductile cast iron.

**Gerasimenko O. V., Markov O. E., Hvashinskiy A. S., Gitnikov R. U., Bochkovoy D. A. Simulation of the manufacturing process of the formation of the internal structure of forge blanks // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The paper proposes new scientifically based developments in the field of technology and equipment for the production of ingots, and the development of new design and technological parameters that provide a solution to an important scientific and technical problem – saving material resources and improving the quality of manufactured ingots. This problem is aimed at the need to reduce costs and improve the quality of ingots.

It was established that an ingot with the ratio  $H/D = 1.1$  most of the volume of the ingot body (60 ... 70 %) has a dense, uniform, fine-grained structure. In the bottom part and in the corners from the side of the pallet a fine grain is formed, providing a dense structure. At the same time, an ingot with reverse taper  $\gamma < 0^\circ$  meets the requirements of a dense structure and structural homogeneity. Such an ingot is characterized by directed growth of crystals from bottom to top. Moreover, the growth of dendritic crystals in the transverse direction contributes to the formation of a zone of columnar crystals.

For ingots with  $H/D = 1.1$ , the maximum height of the crystallization front from the bottom is 65 ... 75 % of the height of the ingot body for various values of ingot's taper. This confirms that a decrease in the ratio of height to average diameter leads to the displacement of axial defects closer to ingot's hot-top. Thus, an ingot with  $H/D = 1.1$  is characterized by a dense and fine-grained structure.

It was found that the minimum depth of the shrinkage shell corresponds to an ingot with reverse taper. It was determined that in order to ensure directional crystallization from the bottom up, it is necessary to use ingots that are wider at the bottom. The ingot with a taper of 7% provides the most dense and homogeneous structure, having a minimum depth of the shrinkage cavity, and a fine grain structure is formed.

**Keywords:** forging, forged parts, ingot, directional solidification, reverse taper, cooled bottom.

**Korchak E. S., Kotkova V. V. Improvement of control systems of automated hydro press complexes power cylinders for preventing its liquid starvation // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The aim of the work is to improve the control systems of power cylinders to prevent its fluid starvation by analyzing the main causes of this phenomenon in hydraulic cylinders of various functional purpose with the subsequent development of appropriate measures to eliminate it. The principal features of the operating conditions of power cylinders are considered. It is noted that the working cylinders have the largest volume among the hydraulic cylinders of the automated complexes equipment and to the greatest extent are subjected to liquid starvation. A method of preventing liquid starvation during the lowering of a moving cross-section to forging is described. According to this method, the corresponding parameters of the hydraulic line "working cylinder – drain valve – filling-drain receiver" are determined, drain valves are approached to the working cylinders of the corresponding strokes of effort and concentrated the main share of the total hydraulic resistance on the corresponding drain valve. The arrangement of the hydraulic press control system of approaching stroke with the prevention of liquid starvation of power cylinders involves the usage of a centrifugal pump with a receiver. To prevent liquid starvation of power cylinders the developed algorithm is included in the system of automatic control of the press in accordance with which indicators of the control system sensors are constantly verified and compared with the current pressure in the power cylinders with the estimated value determined at this moment taking into account the variable hydraulic resistance of the drain valve of the return cylinders. The control systems of automated hydro press complexes power cylinders for preventing its liquid starvation is presented and analyzed. Practical recommendations of preventing liquid starvation of power hydraulic cylinders of automated hydraulic press complexes are provided.

**Keywords:** hydraulic press, power cylinder, hydraulic fluid, hydraulic fluid starvation, valve, pressure, hydraulic line.

**Ageeva M. V., Dubinets E. Yu., Ilyashenko S. O. Cored wires to increase the thermal fatigue resistance of the weld metal operating at elevated temperatures // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The article discusses the flux-cored wires to increase the thermal fatigue resistance of the surfacing metal operating at elevated temperatures. The material of the parts working under load with multiple heating and cooling should have a high resistance to roughness. At low roughness, the working surface is quickly covered with a grid of cracks, sometimes penetrating at greater depths and causing loss of size and even destruction of the stamps and presses. Noted advantages and disadvantages of the analyzed wires. The most effective way to increase the stability of molds for the formation of glass products is the plasma-MIG process. The optimum surfacing material for restoring and strengthening cast iron molds is a metal of type 20H50Д35СР, microalloying of which with beryllium (with simultaneous exclusion of boron and silicon from its composition) leads to a sharp increase in its the thermal fatigue resistance, while the maximum value of beryllium is in the amount of 0.038 %, and with a further increase in the beryllium content, the thermal fatigue resistance of the surfacing metal increases. It has been shown that to increase the thermal fatigue resistance, a surfacing material should be used for plasma-MIG surfacing of glass mold tools made of steel 20, which is a flux-cored wire, for the manufacture of which we used an NP-2 nickel ribbon with a section of  $0.5 \times 15$  mm and a powder blend consisting of (wt.%): Chromium – 62.5; tungsten – 15.637; boron – 0.063; aluminum – 10; titanium – 11.8. The thermal fatigue resistance of the surfacing molds is increased by introducing the flux-cored wire of a low-melting mixture of copper chloride and potassium chloride into the charge mixture and allows reducing the amount of non-metallic inclusions in the weld metal. The composition of flux-cored wires, which increase the thermal fatigue resistance of alloys, working in conditions of hot metal forming, is considered.

**Keywords:** surfacing technology, flux-cored wires, the thermal fatigue resistance, hot metal processing.

**Bugaenko B. V., Buturlia Y. A., Kostin A. M., Makarenko N. O. Research of the possibility of using VPr36 solder for brazing heat-resistant alloys of ship gas turbines // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The work is dedicated to the use of VPr36 aviation solder for brazing heat-resistant nickel alloys of marine gas turbine engines (GTE). Marine and aviation turbines have a significant difference in working conditions. The differences are in the use of heavy fuel with high sulfur content by marine turbines, in addition, in the course of operation, interaction with vapors of salt water occurs, leading to an extremely aggressive environment. Such conditions are absent in the operation of aircraft turbines, which operate on pure aviation kerosene. Therefore, alloys marines and aviation turbines have a different chemical composition. For marine GTE alloys, resistance to high-temperature salt corrosion (HTSC) is necessary. Resistance against HTSC should have solders connecting them. Chromium is able to provide resistance against HTSC, the refore its concentration in marine gas turbine engines is more than 16 % wt. The negative effect of increased chromium concentration is reduced heat resistance, for this reason, its content in aircraft alloys is 6 ... 8 % wt. This is sufficient to ensure heat resistance in the conditions of operation of aviation turbines. For marine turbines, it is important to increase the temperature of the working fluid while maintaining resistance against HTSC. This necessitates an increase in the temperature of the brazed joints and, accordingly, the brazing temperature. To solve this problem, a study was conducted on the possibility of using VPr36 aviation solder, to which silicon depressant was added. The paper discusses the characteristics of solder spreading with the determination of the significance of factors on them. Also carried out a chemical analysis of the interaction of the mixture of solder on the distribution of chemical elements. Recommended additive to solder VPr36 with 20 % solder HC12 and brazing temperature 1220 °C.

**Keywords:** brazing, wetting, structure, high-temperature corrosion, solder characteristics, chemical analysis

**Buturlia Y. A., Bugaenko B. V., Petrenko L. M., Holub D. M. Features of active brazing of ceramics with metals // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

When brazing metals with ceramics, among other problems, it is necessary to solve the following two main problems: wetting with solder of the joined ceramic surfaces with metal and the problem of residual stresses. The connection of ceramics with metals is accompanied by problems associated with differences in the physicochemical and physicomechanical properties of the materials being joined, the formation of brittle intermetallic phases, differences in the capillary properties and parameters of the interaction of solders with metals and ceramics, in particular, poor wetting of ceramics and the spreading of solder on its surface. In order to reduce the stresses in the ceramic rings of brazed pressure seals, it has been proposed to introduce powdered molybdenum into the braze, which has CLTE close to that of ceramic. To reduce the stress state of ceramics when soldering with metals to the selected composition of the Ti-Cu solder, it is proposed to introduce 10 ... 30%, wt. molybdenum with a particle size of 5 microns. Analysis of the chemical composition of the phases of the alloy Cu-Ti-Mo shows that the integral concentration of molybdenum in the alloy is 25.1 % by weight. at a concentration of titanium of 27.5 ... 30.5 %, wt. in no case are isolated particles of molybdenum detected. Local analysis showed that more than 60 % wt. molybdenum is in the middle of the formed phases. Based on the research results, it can be concluded that the addition of molybdenum contributes to the refinement of the structure of the Cu-Ti-Mo alloy and in no case were found cracks in the alloy. This allows us to predict the positive effect of molybdenum on the formation of brazed metal-ceramic compounds.

**Keywords:** ceramics, covar, molybdenum, contact-reactive soldering, wetting, stress, metal ceramics.

**Kvasnytskyi V. V., Kvasnytskyi V. F., Matvienko M. V., Buturlia Y. A., Yermolayev G. V., Holub D. M. Computer modelling of the stress-strain state in the conditions of elasticity at the brazing and the diffusion welding with the interlayers depending on their stiffness // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The stress-strain state (SSS), in the limits of the elasticity at the thermal load in the joints which made of the heat-resistant alloys, has been researched in this work. For these materials the main methods of the joint are the diffuse welding with the layers and the brazing with the brazing seam, with its breadth about 0,1 mm. The calculation was carried out for nodes with interlayers having a small coefficients of linear temperature expansion (TCLE), that is, smaller than for the parent metal. Four thicknesses with an elongation degree (s/d) from 0.0005 to 0.004 and three hardness variants of the interlayer material were considered: with a "soft" layer having a modulus of elasticity smaller than the base metal with a "neutral" interlayer with stiffness equal to the main metal, and "hard", that is, with greater rigidity than the base metal. The influence of the interlayers stiffness and thickness into SSS has been established. They have the volume character in the joint near the external surface. The thickness of the interlayer with a large degree of its elongation practically does not affect the nature of the SSS, either on the value of either individual components or equivalent stresses. When the thickness of the interlayer changes, only the sizes of the volume zone, which, just as in the case of a force load with an axial load, are commensurate with the thickness of the interlayer (about 5 thicknesses of the interlayer). The nature of the distribution of the stiffness coefficients  $k_s = \sigma_{1(3)} / \sigma_{eq}$  in all variants of the nodes, both in the main material and in the interlayers, is practically the same, that is, it depends neither on the thickness, nor on the stiffness of the interlayer. In both the base metal and in the interlayer, the degree of change in their strength and plasticity (hardening or softening) under the temperature loading of the unit is practically independent of the thickness of the interlayer, or of the stiffness and TCLE ratio of the interlayer and the material to be joined.

**Keywords:** a model, pressure, interlayers: «soft», «hard», «neutral», coefficients of stress state stiffness.

**Kvasnytskyi V. V., Matvienko M. V., Kvasnytska Y. G., Bugaenko B. V., Buturlia Y. A., Makarenko N. O. Properties of the solders for the brazing of the heat-resistant nickel alloys of the marine gas turbines // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

This work is dedicated to the brazing of the nickel heat-resistant alloys of the marine gas turbines (GT) of the new generation. The conditions of the operation of the aviation and marine turbines are different. The marine gas turbines operate by use of the heavy fuel with high content of sulphur. The fumes of the sea water salt is getting into the turbine. It makes the extremely corrosive medium. There are no such conditions in the aviation turbines, which operate by use of the clean aviation fuel. That's why the alloys of the marine GT and the aviation GT have different content. The alloys of the marine GT must have the strength against high temperature salt corrosion (HTSC). Its speed can be in hundred times more than the corrosion speed in the air or in the atmosphere of the oxygen. The solders must have the high strength against HTSC. The strength against HTSC is supported by chromium, the content of which in the alloys of the marine turbines is more than 16 % mas., but than higher the concentration of Cr, then less their heat-resistance. That's why the aviation alloys contain 6..8 % mas. of Cr. This quantity of Cr supports the heat resistance of the aviation turbines alloys. For marine turbines, the actual task is the increase of their efficiency, for this it is necessary to increase the temperature of the working substance and to support the strength against HTSC. In accordance with this, it is necessary to increase the operating temperature of the soldered joints and the temperature of the soldering. Taking into account the requirements of the alloys of the marine turbines, the new system of the alloying has been designed. It has been used as the base at the design of the new solders. The critical temperatures of the dispensable solders have been researched by the method of high temperature differential thermal analysis. From them, the alloys for the research of the processes of the wetting, spreading and the gaps filling have been clearance. The calculations of the alloys strength against formation of  $\sigma$ -fase, the critical points, the content and the quantity of  $\gamma$  and  $\gamma'$ -phases, carbides, borides and etc. have been executed parallel. The research of HTSC has been executed in 75 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 25 % NaCl melt at temperature 900 °C during 24 hours.

**Key words:** heat-resistant alloys, brazing, wetting, structure, high-temperature corrosion, technological properties of the solders.

**Razmyshlyayev A. D., Ahicieva M. V., Bhan S. A. Comparison of the effectiveness of longitudinal and transverse magnetic fields in arc welding and surfacing // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

It is shown that the control longitudinal magnetic fields (LMF) and transverse magnetic fields (TMF) are used at arc submerged welding and surfacing with wire. The use of both LMF and TMF with optimal values of magnetic field induction allows to increase the electrode wire melting productivity (melting coefficient) at arc welding (surfacing) by 20..30 %, the wire melting coefficient is increased if it is made from a ferromagnetic material at arc submerged welding and surfacing with the action of LMF. However, there are no publications comparing the efficiency of the use of the control LMF and TMF during arc welding or surfacing with wire under flux, which is necessary for the rational selection of such control (external) magnetic fields by technologists in the field of welding production taking into account the capabilities of each these magnetic fields and taking into account the features of the welded (surfaced) structure. The increase of the wire melting coefficient does not occur, if the wire is not a ferromagnet. The wire melting coefficient increases regardless of its magnetic properties, if TMF is used. The depth and area penetration of the base metal is significantly reduced at arc submerged surfacing and welding by wire with the action of the LMF and TMF using both ferromagnetic and nonmagnetic base and welding materials. Literary sources (references) are given and briefly described methods for calculating induction components, which generate input devices (ID) of LMF and TMF, in the weld pool area. The materials are specified of which it is advisable to make the ferroc core of the ID LMF and the rods of the ID TMF.

The given comparative analysis allows to establish the areas of rational use of control LMF and TMF when arc welding and surfacing, taking into account the magnetic properties of basic and welding materials.

**Keywords:** transverse and longitudinal magnetic field, induction, the melting coefficient of the electrode wire.

**Hlavatskyi K. Ts., Bondarenko L. N., Posmituha A. P. Rational value of the design friction radius of flat patches of construction and road machinery // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

In this paper, we determine the position of the average friction radius, found from the equality of frictional forces above and below its position, which will allow us to judge the average values of wear, temperature, and pressure. The thrust bearings can be with a flat, annular and comb-like heels. The magnitude of the moment of the frictional forces arising under the action of the axial force during sliding of the heel along the thrust bearing depends on the law of distribution of the specific pressure on the supporting surface. It is believed that for new spots the specific pressure is distributed evenly, and for the used ones, the condition is the same for all points of the surface. As in the first and second cases, the frictional moment is based on the resultant distributed load. It would be more logical to calculate the average friction radius, which is found from the equality of the work of friction forces. The case of a uniform pressure distribution is considered; the case of the distribution of pressure with the same wear at all points of the heel, and a task analogous to the calculation of disk brakes. The result is an expression for determining the mean radius. The analysis of the obtained dependences and graphs is made, which allows us to draw the following conclusions: for a uniform

distribution of the specific pressure for the annular solid heel, the mean values of the radii of pressure, frictional moments, are more correctly determined from the equality of works relative to the conditional mean radius, since the existing formulas assume a linear relationship between area and dimensions; in the solution of problems in the distribution of pressure for the case of the same wear at all points of the heel, it is more accurate to find from the equality of the areas of the rectangle and the figure bounded by the equation determining the specific pressure at a specified distance from the center of the heel.

**Keywords:** machine, flat heel, friction radius, wear, temperature, pressure.

**Hlavatskyi K. Ts., Bondarenko L. N., Cherkudinov V. E. The minimum radius of inflection of conveyor belts of construction and road machines on curved convexity downwards // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The article deals with the clarification of the known methods for determining the circumference of the conveyor belt track for a given radius of the arc, providing the necessary pressure on the roller. Existing theories pay little attention to the fact that the driving force of rollers is the rolling resistance or the adhesion of the tape to the surface of the roller (friction of rest). Many authors have obtained a large number of formulas for determining the resistance, primarily rolling. But they usually contained quantities that were determined experimentally and often required more labor and means than definitions of immediate resistance. Unresolved parts of the problem include: 1) the effect of longitudinal force in the conveyor belt as a thread on its deflections; 2) the design of the bearing assembly of the roller bearing on its resistance to rotation. The analysis of the calculations performed and the obtained formulas is made, which made it possible to draw the following conclusions and suggestions: the minimum radius of the rib folding by the convexity downward depends on the amount of friction between the belt and the roller, increasing nonlinearly with its decrease; the coefficient of resistance to the movement of the belt depends not only on the type of rolling bearing, but also on the design of the bearing unit: when the outer race (bearing in the roller) rotates, the rolling resistance of the ball bearing is approximately twice as large compared to the knot where the inner ring rotates bearing structure); a significant dependence of the resistance to movement of the belt from the execution of the bearing assembly requires economic calculations when applying a bearing assembly; there is no reason to regard the conveyor belt as a thread both with and without longitudinal forces due to resistance to belt motion due to large deflections at real tension.

**Keywords:** machine, conveyor, tape, bend, radius, convexity downward, refinement of calculation.

**Loveykin V. S., Pochka K. I., Romasevich Yu. O. Influence of a corner of shift of cranks on dynamics of roller forming installation taking into account dissipative properties of the balanced driving mechanism // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

For roller forming installation with the balanced driving mechanism loadings in elements of its design and the drive are calculated, dependences for definition of efforts in the connecting rods necessary for reduction in back and forth motion of forming carts, and normal reactions of guides of the movement of forming carts to the directing rollers depending on an angle of rotation of cranks are received. At a research of loadings the two-mass dynamic model of roller forming installation in which power and power characteristics of the driving engine and each of forming carts, rigidity of the driving mechanism and its dissipation are considered is used. Function of change of necessary torque on driving to a shaft of cranks for ensuring process of consolidation of products of construction mixes taking into account dissipation of the driving mechanism is defined. Rated power on which the electric motor is chosen is determined by average value of the moment of forces of resistance for a cycle of turn of cranks, connecting couplings and a reducer are picked up. Using Lagrange's equation of the second sort, for the roller forming installation with the balanced drive presented by two-mass dynamic model the differential equations of the movement are worked out. As a result of a numerical experiment for roller forming installation with the balanced driving mechanism the value of the rigidity of the driving mechanism brought to an axis of rotation of cranks at which the minimum loadings in couplings of the driving mechanism are observed is defined. The dependence of the moment is installed in the drive coupling from the size of coefficient of dissipation and the recommended dissipation coefficient size for roller forming installation with the balanced driving mechanism is determined. Influence of a corner of shift of cranks on dynamics of roller forming installation with the balanced driving mechanism is analyzed.

**Keywords:** roller forming installation, driving mechanism, effort, moment, rigidity, dissipation, dynamics.

**Kovalevsky S. V., Litvynenko O. I. Investigation of connection of the spectrum of thermo-ERS with cutting modes and output parameters using SDR-technology // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The article deals with the problem of diagnostics and forecasting of the state of the technological cutting system by the indicators of roughness of the cutting track along and across the motion of the cutting tool on the basis of the spectrum of the amplitude-frequency characteristic of the thermoelectric force (thermo-ERS), which is formed at the point of contact of the cutting tool and the workpiece being worked. The solution of the problem in the form of signal registration is proposed with the help of technology of direct transformation of the high-frequency signal thermo-ERS-SDR-transformation. The essence of the spectrum of the transformation of the high-frequency spectrum thermo-ERS (up to 1000 MHz) in the low-frequency (up to 20000 Hz) is presented, and its connection with the input and output data.

The hypothesis of the possibility of forecasting and optimal adjustment of the technological system of the metal cutting machine according to the roughness indexes based on the values of the amplitude-frequency characteristic of the thermo-ERS, the cutting modes, and the initial roughness of the treated surface is presented. The method of experimental research using the broadband amplitude-frequency device of direct transformation is given. high frequency signals. The results of experimental studies are given. Using the built-in spline-model on neural-like elements, the output longitudinal roughness and conditions for optimal adjustment of the technological cutting system are predicted.

**Keywords:** thermoelectric force, roughness, cutting modes, electromagnetic radiation, SDR.

**Kovalevskyy S. V., Glushich K. S. Study of the activation strengthening of the working surfaces of machine parts with the help of a new type of processing // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

In the given work the problem of wearing of contacting surfaces of parts of knots is considered. The solution of the problem in the form of strengthening the surfaces of friction with the help of the chemical process of epilation and activation of the rotating magnetic field is proposed. The essence of the rotating magnetic field, its principle of influence, is considered. The hypothesis is put forward that the behavior of grains on the working surface of the part in a rotating magnetic field. Are presented create a tool for creating a rotating magnetic field. The sequence of carrying out of experimental researches is resulted. The method of increasing the hardness and wear resistance through the application of a known process of measuring and measuring its action on the working surface of the part by means of a rotating magnetic field is experimentally investigated. Dependences of influence of processing parameters were established: duration of influence, excitation frequency, speed of detail on the value of hardness, and subsequently on the results of wear resistance. The results indicate the presence of extreme values of hardness at resonance frequency. The effect of extreme dependence of hardness on the duration of the process is found. There is an effect of increasing the hardness when reducing the speed of the part. Experimentally tested for wear resistance after strengthening the surface. As a result of the width of the trace of wear after the test, obtained by creating an enlarged image of the part by the camera, it was confirmed increase in the wear resistance of the friction surfaces at 3 minutes of the test – in 1,1 ... 1,2 times, at 6 minutes – in 1,3 ... 1,4 times, at 9 minutes – in 1,5 ... 1,6 times.

**Keywords:** durability, wear resistance, hardness, epilamination, rotational magnetic field, exciting frequency, duration of influence, test, rotational speed, modeling, surface active substance.

**Oliinyk S. Yu., Kolotilin P. I. An investigation of the method of burnishing process for large-sized bearings of sliding // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The article is presented a study of the method of burnishing the antifriction surface of large-sized split-shell bearings, which are used in constructions of rolling mills as a support of rolls. The method of finishing of indicated surface proposed refers to surface-plastic deformation. The analysis of scientific and technical literature showed a lack of information about influence the regime of plastic deformation for the durability of babbit and the quality of the treated surface. Therewith the usage of surface-plastic deformation in treatment of antifriction surfaces of the bearing inserts is limited. The inside surface of the liners has to meet the high requirements to tolerance of the shape, roughness, thickness precision at any opposite points of the inner and outer surfaces. For bushings-inserts in order to increase wear resistance, it is necessary to obtain the crushed microstructure of the babbit layer. The method is based on problem solving of reducing the error of form and accuracy with respect to the outer surface, reducing the roughness of the surface layer, the shredding of its microstructure and the exclusion of the transfer of the error of the technological system to the surface during processing. The bushings-inserts has a low rigidity. The study of the effect of the magnitude of the normal force acting on the slip on the accuracy of the form is presented. The calculation of the error resulting of pressed the non-rigid workpiece under the action of force was performed in the simulation of processing in the SolidWorks Simulation application. The calculation showed that the error does not exceed the permissible. The presented method of surface treatment will allow: to correct the error of the shape of the surface in the longitudinal and radial intersection to the declared precision on the drawing; to exclude the transfer of the error of the technological system to the surface during processing; to reduce the surface roughness and to crush the microstructure of the surface layer.

**Keywords:** slide bearing, antifriction layer, babbit, rolling, ball burnishing, shape error.

**Shabetia O. A. Strength of glass, modified by methods based on ion exchange and etching // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

Modern methods of glass strengthening based on partial elimination of defects of a surface layer or defect blocking, as well as a combination of these methods are analyzed Features of silicate glass strengthening which comes from the buildup of a residual compressive stress state, up to a certain depth below the surface as the result of exchange of alkali ions in a molten salt are considered.

The glasses of different thickness from 3mm to 10mm, modified on the basis of industrial technology of ion exchange, etching treatment and the combined etching treatment with ion exchange, were investigated. The minimum, maximum and average values of the strength of glass plates in the initial and modified state at short-term loading under conditions of an axially symmetric bend with a localized loading region are experimentally determined. The analysis



of the obtained results showed that due to the difference in the quality of the glass in the initial state and the difficulty of controlling the actual strengthening regimes, the value of the strength is characterized by a considerable spread, depending on the thickness of the glass parts.

The calculation of the strengthening effect of ion exchange was carried out based on the assumption of some additional stress intensity factor which is due to a residual compressive stress state and depicts the “crack closing effect”. Based on the “crack closing effect” and the linear distribution of residual compressive stresses across the thickness of the modified layer, the value of residual compressive stresses on the surface of ion-exchange glass and the depth of modified layer were determined. The effect of glass strengthening, modified by combined treatment, is determined by experimental and computational methods. It was found that the process of ion exchange somewhat corrupts the surface of glass. The prospects of combined treatment in terms of increasing the strength of glass consist in controlled removal of a very thin surface layer with subsequent protection of the surface.

**Keywords:** glass, strength, ion exchange, etching, combined treatment, residual stresses, hardening effect.

**Zakharenkov D. Yu., Shatokhin V. M. Analysis of the frequency characteristics of a mathematical model of a diesel generator 3TD-1 // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

Known methods, hardware, and application software for assessing the identity of diesel generator duty cycles have limited accuracy and performance. An indirect method for estimating the settings of the fuel and air supply to the cylinders based on the processing of the frequency-modulated crankshaft speed signal is proposed. The kinematic scheme of constructing the machine unit 3TD-1 is investigated. As a result of the analysis of the features of its construction, it has been established that it is possible to obtain a signal of measuring information about the rotational speed of the crankshaft by installing a primary transducer near the first mass of the exhaust shaft. A mechanical system with three degrees of freedom is proposed as a deterministic mathematical model of the kinematic scheme of a diesel generator. The dynamics of cylinder masses is described by a system of integral-differential equations that establish informational links between the operation of cylinders and the signal of fluctuations in the speed of rotation of the first mass. The transfer functions of the “cylinder-crankshaft” paths are obtained and their logarithmic amplitude-frequency characteristics are constructed using the MATLAB software. Computer simulation of the processes of fuel supply to the cylinders of the 3TD-1 engine unit is performed using amplitude coefficients and the frequency representation of the differential torque. Information technology for assessing the identity of working cycles is based on solving a redefined system of algebraic equations using the residual minimization algorithm. Based on the calculated values of the amplitude coefficients, the corresponding hardware forms the software changes to the settings for the processes of supplying fuel and air to the cylinders of the 3TD-1 diesel generator.

**Keywords:** frequency-modulated signal, fluctuations, indirect measurement method, mathematical model, computer simulation, information technology.

**Launikonis V. V., Troshchyi O. O., Ivchenkov M. V. Investigation of asynchronous electric drives for metal-cutting machine tools // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

In modern CNC feed drives, mainly synchronous motors, DC motors and stepper motors are used. The main disadvantages of such motors are high cost and complexity of maintenance. Asynchronous motors, however, are practically unused. The development of modern control systems allows us to achieve the necessary accuracy of speed control of an asynchronous motor, which opens up the possibility of their use in feed drives for small machine tools. The vector control system is one of the most popular and effective technologies for controlling the coordinates of an asynchronous motor. The principle of vector control is based on the regulation of the magnitude and angle of the current and voltage of each phase. Torque control, in this case, is achieved by controlling the magnitude of the magnetic flux. In the vector control scheme, the d-q coordinate system is tied to the rotor flux linkage vector, which enables the decoupling of the flux linkage and the rotor torque. This allows us to control an asynchronous motor in the same way that a DC motor is controlled. In addition, the asynchronous motor does not have the main drawback of a stepper motor, which is the discreteness of the change of the rotor speed and the rotor torque, which negatively affects the quality of machining. This article presents the principle of synthesis and configuration of the vector control system for asynchronous feed drive. In this thesis, modelling was carried out in the MATLAB Simulink software package and transient graphs were obtained for various positioning setpoints. As a result of the obtained graphs analysis, it can be seen that in case of a large position setpoint, the system performs it with overshoot. With a small task, the overshoot is insignificant. The vector control system provides static and dynamic modes of operation that meet the requirements for the machine tool feed drives, which explains the expediency of using an asynchronous motor. This contributes to the economical improvements (total cost, maintenance cost etc.) of the entire electric drive system.

**Keywords:** flux vector, vector control, reference frame, asynchronous motor, electric drive, controller, modeling, transients, computer numerical control.

**Loriii M. G. Recognition of ways to provide maximum efficiency of the work of metallic synthesis columns // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The paper proposes an approach to the development of a control system with model of multi-shelf synthesis column. Thereat, the combined form of the model allows the use of the advantages of experimental statistical and deterministic approaches to achieve high adequacy, easy adaptability and a wide application range, which are key aspects in optimization and control of complex technological objects. Using this approach, a model of a three-shelf synthesis column in methanol production has been developed. Based on the obtained results, programs are being developed for implementing the proposed algorithms in the automatic process control systems of methanol production, and work is underway to adapt them to methanol production. The introduction of this system will allow to narrow the range of process parameters around the optimal value, which leads to real economic effect. The updated information and logical scheme of methanol synthesis column was developed, which allowed to specify multiple internal connections of the control object and to characterize their influence on the output coordinates of methanol synthesis column. The operation algorithm of the control system of methanol synthesis column with model is developed. A general view of the mathematical model of methanol synthesis column with built-in internal heat exchanger was obtained, which allowed to determine an equation of the optimality criterion of column operation. The proposed approach allows, based on the solution of optimization problem, to obtain such cost values of “cold” bypasses, in which column will operate in conditions close to optimal. This provides a quick “throw” of the system into an area close to the optimal one. At that, the best practice value of methanol concentration at the outlet of the synthesis column (maximum value) is obtained using the Hooke-Jeeves method. The functional automation diagram has been developed and the complex of technical means necessary for the implementation of the proposed system has been analyzed.

**Keywords:** control systems with model, mathematical model, optimal control algorithm, optimization problem, optimal value.

**Luta A. V., Makshanzhev V. G., Afanasieva M. A. The development of three-dimensional model of solidification process of steel in crystallizer // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

In order to develop measures to improve the efficiency of the continuous casting machine, the process of the formation of crust was explored in the article. A three-dimensional model of the solidification process was created, it allows you to view the ingot in a longitudinal and transverse section. The three-dimensional model of the solidification process in the crystallizer of a continuous casting machine has been developed and it deletes the errors that occurred in other studies of scientists and it describes more precisely the process of crystallisation. A block diagram of the algorithm of constructing a three-dimensional model in real-time was developed. For implementation of the system the OpenGL graphic library was used. It unlike the DirectX library allows you to migrate the software to different platforms. The method of finite difference is used for calculating temperatures inside the ingot. The construction of a three-dimensional model of solidification process in the crystallizer of the continuous casting machine clearly depicts the distribution of temperatures in the ingot, the boundary of the phase transition, and also gives to user the ability to view the ingot in an arbitrary section. The ingot is modeled by a multitude of polygons covering the intersection of the ingot and its borders. The color of each polygon is determined by the temperature of the corresponding section of the ingot. In order to visualize the separation of the liquid and solid part of the ingot in different temperature ranges, various colored gradients were aligned. It was investigated that the temperature of the surface of the continuously cast ingot as it moves along the crystallizer falls sharply, and only in the bottom of the crystallizer heating of the formed crust is done, it dues of a significant increase in the gas gap between the ingot and the crystallizer, which confirms the adequacy of the developed model. The temperature distribution diagram along the cross-section of the continuous-cast ingot in the crystallizer has the same shape and gives a good visual representation of the temperature state of the entire cross-section of the workpiece. As a result of the development and research of a three-dimensional model of the process of solidification of steel, graphs were obtained. These graphs give a good visual representation of the phase state of the metal and the dynamics of its transformation (liquid metal, two-phase zone, solid metal) throughout the cross section of the workpiece. The three-dimensional model of the process of solidification of steel was developed in the article and it can be used in the researches of the formation of crust of ingot in a crystallizer of various continuous casting machine.

**Keywords:** continuous casting machine, ingot, crystallizer.

**Pryymak B. I. Torque optimization of a vector controlled induction motor in field weakening regime with low parametric sensitivity // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The article deals with the topic of increasing the quality indices of vector-controlled Induction Motor (IM) electric drives, which operate at much lower and several times higher than the rated speed of the rotor. Several variants of Automatic Control Systems (SAC) of IM are known today with the torque maximization in the area of field weakening by direct formation of optimal flux linkage. An important advantage of these systems is the potential possibility for high accuracy of extreme control. However, changes in the inverter supply voltage and motor resistances can dramatically degrade the accuracy of optimization. The numerical studies performed for a 30 kW motor showed that the maximum relative error of torque optimization due to changes in the inverter supply voltage reaches several tens of percent, and due to changes in the temperature dependent motor resistances is about ten percent. Therefore, it is important and

relevant to reduce the parametric sensitivity of the specified systems. The purpose of this work is to construct a Motor Torque Optimizer (MTO) in the field weakening regime, which will ensure high accuracy of functioning in the conditions of essential changes in the inverter supply voltage and the motor resistances and will be easy to implement in practice. A new MTO based on look-up tables is proposed, the action of which is the following. In the look-up tables recorded three supporting curves, which are the optimal rotor flux dependency on the motor speed for a nominal, minimum and maximum inverter supply voltage respectively. For current negative deviations of the inverter supply voltage, the estimation of the optimal rotor's flux is obtained as a weighted average between the outputs of the first and second tables, and for positive ones – the first and third tables. This allows you to compensate for the effect of voltage fluctuations both on the boundary (base) speed and on the shape of the curve of the optimal rotor flux linkage. Numerical studies of IM SAC with the proposed optimizer were conducted on the velocity interval from 0.5 to 5 rated values. The results showed that the maximum relative error of torque optimization does not exceed 1–2 %. The accuracy obtained is quite good; it is more than an order of magnitude higher than the accuracy of torque optimization without compensating for the influence of parametric changes.

**Keywords:** induction motor, field weakening, torque optimization, parametric sensitivity, look-up table.

**Razzhivin O. V., Rudakov I. V., Okhrimenko A. N. Development and research of the control system of a twin-engine electric scraper conveyor for coal transportation // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The article resolves the actual scientific and technical problem of studying the process of controlling a multi-motor electric drive of the scraper conveyor in transient modes of starting and braking the traction unit. A study of the features of the technological process of controlling the speed of a twin-motor electric drive consisting of the head and tail engines has been conducted. The analysis of the functioning of the object, which set the parameters of the management process. An improved mathematical model of frequency regulation of the speed of an interconnected electric drive, which is distinguished by the fact that it takes into account the elastic relationships between the engines. Elastic interconnections are created by links in the drive chain of the scraper conveyor. Based on the developed mathematical model, an automated speed control system for a twin-engine electric scraper conveyor was created. The structure of the automated electric system of the scraper conveyor has been developed. Studies of the dynamic modes of operation of the two-motor electric conveyor carried out in WFP MATLAB. As a result of modeling, graphs of transients on the speed and moment for the head and tail motors, as well as the signal of the task speed correction are obtained. The reaction of the automatic control system to disturbing influences is modeled, and the synchronization of the two-motor electric drive speed is analyzed. The developed mathematical model should be used to adapt the algorithm for starting and stopping the scraper conveyor with the specified operating conditions, which will reduce energy losses during transportation of bulk materials.

**Keywords:** conveyor, electric drive, frequency converter, automatic control system, controller, mathematical model, twin-engine electric drive.

**Sus S. P., Subbotin O. V. Features of determining the location of hot hire using optical method // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The possibility of using an optical method to determine the location of hot rolled metal in sintering furnaces, on the approach to the stands, and in the area of descaling is considered. On the basis of the analysis it is established that the optical method is the most successful. However, through high (1300–1700 °C) temperature in the furnaces, a significant concentration of water vapor in the area of water descaling, the presence of optical and other interference, there is a significant weakness of the information optical signal in the control zone. On the one side it is established that the control zone suppresses the information signal which determines the working optical range of the monitoring device, and, on the other side, it is a powerful source of optical interference, and this imposes restrictions on the optical signal parameters and methods of its processing. The expressions connecting the ratio of the diameters of the receiving optical system and the optical beam at the receiving point are obtained. The parameters of the optical systems of the monitoring device were optimized and an expression was obtained to determine the power of the probing optical signal at the receiver input. It was established that for reliable control of the location of hot rolled metal in furnaces with an optical method, sources of information optical signal can be infrared emitting diodes with a wide (0.7 ... 1.05  $\mu\text{m}$ ) emission spectrum. To control the availability of rolled metal in the area of scale grit, the information optical signal should be formed in the range of 1.2 ... 5.0  $\mu\text{m}$ , and semiconductor laser diodes can be used as a source. According to the results of research, several experimental samples of control devices were manufactured and tested. The test results confirmed the obtained theoretical position. The developed device can be used not only to determine the location of hot rolled products, but also as a device for detecting products in hard-to-reach areas, i.e. to control the parameters of the working space of thermal installations, etc.

**Keywords:** thermal installation, photoelectric method, control device, probing optical signal, displayed objects, radiation spectrum.

**Fedotova E. P., Donchenko E. I., Lebed V. T. Pulsed vibration reduction method for turning parts “on the track” // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

Turning is one of the main machining processes in mechanical engineering. A common problem for these processes is the vibration that occurs during cutting operations. Regenerative oscillations (or vibration) have a negative impact on the surface quality of the product and the performance of the machine. Modeling and analysis of the stability of machining is necessary to understand the dynamics of the process and, in particular, to predict stability in the processes of machining. There are two sources of oscillations: regenerative and forced oscillations. Regenerative oscillations consist in the fact that the treated surface has a wavy surface, which during the next pass creates an oscillating cutting force. This fluctuation of force then creates a new wavy surface. This process is self-generated, as the cutting force will always oscillate due to the undulating surface, and the relative movement between the tool and the part will continue, and the final machined surface will be undulating. Regenerative oscillations are often eliminated by changing cutting parameters, such as spindle speed, depth of cut, or feed rate, while forced oscillations are reduced by eliminating external force.

It was suggested that the regenerative oscillations could be suppressed by correcting the feed rate. Of course, such an impact should be short-lived in order not to introduce an error in the geometry of processing.

Thus, the aim of the work is to find the points of impact and test the assumption about the possibility of suppressing regenerative oscillations by short-term pulsed exposure. The study is supposed to be conducted on a model of a dynamic system of the process of turning.

In this paper, the following tasks:

- analysis of the dynamics of the process of turning parts using the method of calculating cutting forces;
- improved the existing mathematical model of the process of turning;
- analysis of the dynamics of the process of turning at different values of processing parameters by modeling in the MATLAB software environment;
- the adequacy of the mathematical model was carried out by comparing the simulation results with the data obtained on the basis of empirical dependencies, and showed a positive result;
- proposed the structure of the system to minimize the level of vibrations.

**Keywords:** turning “on the track”, vibration, regenerative oscillations, forced oscillations, cutting forces, impulse method.

**Tsyhanash V. Ye., Pishchulina O. V., Maksymov M. A., Biloivanenko Yu. S. Development of a new criterion of optimal control for a powerful energy consumer // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The approach to determining the optimality of the power circuit mode of the object is proposed; on the one hand, it is invariant to the size and shape of the input signals, which may be non-differentiable, and on the other hand it can be relatively simple for realization. The possibility of representation  $K_n(t)$  in both the phase-frequency domain (PFD) and in the time domain allows us to formalize the variation principle of reciprocity in these areas and consider the resulting values as clusters of the system paradigms that are well complementary. When representing signals in the PFD, this makes it possible to reduce the dimensionality of space with still taking into account the current changes occurring in it due to the introduction of the relative reference frame. Such approach to the estimation of energy changes in the system is convenient and the fact that under the optimal operation mode of the system allows you to combine the range of their permissible values and lead the process, not approaching the optimal trajectory as in existing methods, but it can be directed right on this trajectory, which positively effects on the efficiency of energy conversion. Such a favorable combination of factors allows the use of a controlled oscillatory circuit as a process model and includes the decision maker (operator) in the process of managing the energy consumers. The feasibility of effective inclusion in the operator’s control loop becomes possible due to the separation of the low-frequency component of power, which is fundamental for controlling the object and allows for more effective coordination of the frequency ranges of the operator’s work and the control system of the object. The solution to the problem of choosing the preferred alternative was tested in industrial conditions and implemented on arc steel-smelting furnaces.

**Keywords:** energy consumers, relative motion, accuracy, speed, simulation model.

**Melnykov O. Yu., Bagan S. V. Development of an information system for the formation of new methods of presenting data in four or more dimensions // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The thesis describes the concept of data visualization and problems arising in the process of presenting data in four or more dimensions. The main methods of visualization of multidimensional data are considered: the pictography of “Chernov’s faces”, the petal diagram and parallel coordinates. The existing solutions for the presentation of multidimensional data are analyzed and the conclusion is made that none of the existing software tools allows the user to create the visualizer himself according to his own preferences. The object of study is formulated: methods for presenting data in four or more dimensions; subject of study: the creation of new visualizers to display such data. The task of designing a system is formulated – an application that allows the user to create a drawing (diagram) and determine its parameters (for measurements) using graphic primitives, while the drawing diagram with all descriptions should be stored in a special file and then used for data visualization. The method of Chernov’s faces is described in more detail. An information

model of such a system was developed in the form of a set of UML diagrams (a use case diagram describing the functionality of the system; class diagram representing the structure of the system in terms of object-oriented design; a state diagram for typical user work). Implemented software implementation of the model. Examples of the work of a software product are given, showing its ability to work with data (import data from a spreadsheet editor with automatic calculation of the number of measurements, normalize data, save data), work with visualizers and build multidimensional diagrams. An example of a visualizer that contains 4 elements is presented: 3 elements of the "rectangle" type and 1 element of the "circle" type

**Keywords:** multidimensional data, visualization, Chernov faces, parallel coordinates, radar charts, graphic primitives, unified modeling language, UML diagrams, application.

**Shevchenko N. Yu., Arefieva O. B. Making decisions based on predicting the results of sports competitions using neural network technologies // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The problem of prognostication of sporting competitions is considered in the article. It is marked that the modern going near sporting prognostication is based on operating on the features of the state of sportsman and command in different moments of time and analysis of dynamics of contention efficiency adequate information in the past. As a perspective instrument of prognostication, that allows substantially to level the risk of sensuality of weekend of data to correctness of entrance, neural networks are offered in the article. Authors accent attention, that determination of optimal composition of command is a basic question that must decide trainer before competitions, taking into account the row of internal and external factors of game. Determination of optimal composition of command it is suggested to carry out, following the results of prognostication of certain hockey competition. For prognostication of results of hockey matches a multistage mathematical model is offered. The first stage envisages realization of primary estimation of commands on the whole and individually every player on certain criteria (to the indexes): the state of commands in a tournament table; coefficient of efficiency of commands; reliability of sporting achievements. For the estimation of the state of command in a tournament table, first of all, indexes that form rating of hockey command and divided into stimulators and destimulators were certain. The second stage envisages prognostication of result of match (with a certain rival) depending on composition of command, in particular from individual descriptions of hockey players. The initial selection of examples is formed on the basis of combinations of "five" of players (two defenders, three forwards) and goalkeeper. As entrances of neural network the middle values of individual indexes of hockey players are used. As exits of artificial neural network the amount of hammered and skipped in the pucks of playing "five" is used. The offered methodology of prognostication of results of matches of hockey club is realized programmatic.

**Keywords:** prognostication of results of hockey matches, neural network, algorithm of reverse distribution of error, software.

**Shevchenko V. V., Petrenko N. Ya. On improving the reliability of automatic fire extinguishing systems at NPP units // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

Currently, a steady increase in the production of electricity for humanity is needed. Analysis of modern energy systems of Ukraine showed that such an increase cannot be achieved without the use of nuclear power facilities. Therefore, the future of world and national energy is associated with a further increase in the number and capacity of nuclear power plants. Nuclear power facilities are technical systems of great complexity and power, so they are characterized by a high risk of accidents. This has formed a steady negative attitude towards the nuclear power industry among the population. One of the most important tasks for the safe use of nuclear energy is to ensure trouble-free operation of NPP units. To do this, first of all it is necessary to reduce the likelihood of fires, which are the main causes of death and loss of wealth. According to the calculations specialists of the IAEA, the destruction by fire of one NPP unit with a capacity of 1000 MW is equal to an explosion of a 1 megaton nuclear bomb. The increase in the frequency of major fires at NPPs is associated with the aging of electrical equipment at stations, with an increased risk of erroneous actions by station personnel due to an increase in the psychological burden on them when servicing worn out equipment. To reduce the frequency and severity of fires, they use the experience of previous accidents, analyze statistical data on the causes of the occurrence, development and extinguishing of fires, on the actions of personnel in post-accident periods. It is necessary to continue work on improving the systems for detecting and notifying of a fire, to improve fire fighting methods. This paper is devoted to the issues of improving the reliability of the warning system and fire extinguishing at power units of Ukrainian NPPs with VVER-1000 reactors due to the modernization of the fire automatics circuit. When upgrading, it was proposed to use the reception of duplication of incoming signals from the automatic detection system, extinguishing the fire and the inclusion of fire hydrant control installations. The calculation of the probability of failure-free operation of the basic and the proposed scheme, which showed that the probability of failure-free operation of the proposed scheme is equal to 0.880, and the basic – is equal to 0.658.

**Keywords:** fire at a nuclear power plant, automatic fire extinguishing installation, fire pump, probability of failure-free operation, duplication of information channels.

**Podlesny S. V., Yerfort Yu. A., Krivoruchek V. V. Interactive technologies as an instrument of creating professional competencies in the teaching of general engineering disciplines // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

In the article, the authors consider the problem of introducing innovative methods of teaching engineering students at universities. Today, new efficient methods of teaching are in great demand, which allows considering the shift from directive methods towards interactive teaching techniques which are more efficient and personal-orientated as a general trend of education. Such models of teaching give students an opportunity to learn how to think critically, solve problems via analyzing crucial factors, balance alternative views, draw well thought-out decisions, take part in discussions and effectively communicate with other people. To achieve these goals students work in groups and they take part in research projects, role games and creative work as well as work with documents and different sources of data. Readers will find the classification of interactive teaching methods and examples of the organizational models of interactive student work for the specific topics of Engineering Mechanics, which include such compulsory elements as discussions in groups, business games and case studies. All these allow achieving significant improvements in teaching engineering students and encouraging more creative style of engineering thinking. The results of the research can be implemented in higher education institutions to teach engineering students. At the same time, interactive teaching sets additional requirements as to the professional and psychological qualities of the faculty as well as to their computer proficiency. The interactive dialog allows improving didactic, informational, methodical and practical aspects of teaching at universities.

**Keywords:** innovative methods and forms of learning, a directive model of learning, interactive learning, boosting educational and cognitive activity, competence-based approach, interactive classes, Case-study, Insert method, problem presentation, round table, group discussions, business game.

**Podlesny S. V., Kostikov A. A., Borovinsky B. V. Prospects for the use of innovative SMART education in universities // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

In the article researched the main approaches to the formation of innovative direction in education – SMART-education. The importance of creating a system of SMART-education in Ukraine, which provides the use of SMART-technologies, which have a significant number of advantages, is emphasized. Young generation needs modern educational technologies, increasing the weight of e-learning materials, replacing the “linear” teaching with multi-level and multidimensional non-linear educational resources that can provide individual educational trajectories, reorienting studying technologies towards personal and individual approaches, which leads to the development and introducing intelligent, partially gamified training virtual worlds. SMART-education is implemented using technological innovations and the Internet, which provides students opportunity to acquire professional competencies based on systemic multidimensional vision and study of disciplines, taking into account their multidimensionality and continuous updating of content. SMART training should be maximally included in the life of the listener, be informal in nature, and based on technologies that are now commonplace to everyone. In order to keep pace with the changes and growing demands of students, HEI (Higher Education Institutions) need to meet the following requirements: flexibility, adaptability, qualitative indicators, and innovations. It is SMART technologies that allow us to develop revolutionary teaching and learning materials, as well as to form individual trajectories of studying for students. The presence of higher qualitative education is a necessary condition for a young person to adapt to solving a wide class of vital tasks. SMART-education allows you to expand the capabilities of personality development in solving these problems in situations of a changing world. It forms the creative potential of a future specialist, which is necessary in modern conditions.

**Keywords:** SMART-society, SMART-education, SMART-technology, educational process, educational content, HEI (Higher Education Institutions).

**Agraval P. G., Turchanin M. A. Results of prediction of concentration regions of formation of amorphous alloys by quenching from melts of binary (Fe, Co, Ni, Cu)–(Ti, Zr, Hf) systems // Herald of the DSEA. – 2019. – № 1 (45).**

The results of predicting of the concentration regions of amorphization by the rapid quenching of binary of (Fe, Co, Ni, Cu)–(Ti, Zr, Hf) melts are presented. For this purpose, the concept of chemical ordering in supercooled melts, developed using the model of the associated solution, were used. The degree of short-range order was estimated as the sum of the molar fractions of the associates  $\Sigma x_{as}$ . The concentration regions of amorphization by rapid quenching are predicted by the empirical rule, according to which the condition  $\Sigma x_{as} > 0,3$  should be fulfilled in melts at glass transition temperature. The predicted concentrations of amorphous regions are:  $x_{Ti} = 0.19–0.77$  (Fe–Ti system);  $x_{Zr} = 0.19–0.75$  (Fe–Zr system);  $x_{Hf} = 0.19–0.75$  (Fe–Hf system);  $x_{Ti} = 0.2–0.8$  (Co–Ti system);  $x_{Zr} = 0.16–0.81$  (Co–Zr system);  $x_{Hf} = 0.19–0.81$  (Co–Hf system);  $x_{Ti} = 0.16–0.77$  (Ni–Ti system);  $x_{Zr} = 0.16–0.77$  (Ni–Zr system);  $x_{Hf} = 0.16–0.77$  (Ni–Hf system);  $x_{Ti} = 0.3–0.81$  (Cu–Ti system);  $x_{Zr} = 0.21–0.8$  (Cu–Zr system) and  $x_{Hf} = 0.23–0.84$  (Cu–Hf system). Comparison of the predicted concentration regions of amorphization with the compositions of experimentally obtained amorphous alloys demonstrates their unambiguous correspondence. The quantitative correspondence between the predicted concentration boundaries and the experimentally known amorphization ranges is observed for 17 concentration boundaries from 24. The proposed approach demonstrates a high predictive ability and allows to extend it reasonably on a wider range of binary and multicomponent transition metal systems that correspond to industrial amorphous alloys.

**Keywords:** melts of transition metal systems, concentration regions of amorphization of melts, associated solution model, amorphous alloys.