

---

## АНОТАЦІЇ

---

### ТЕХНІЧНІ НАУКИ

**Бондарев С. В., Менафова Ю. В. Проектування автоматичної технологічної лінії транспортування матеріалів для процесу гідрофобізації // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Одним з вимог до електродів для ручного дугового зварювання є дотримання перед зварюванням регламентованої за ДСТУ вологості покриття, що досягається попередньою високотемпературною прокалкою протягом тривалого проміжку часу. Це приводить до додаткової витрати електроенергії й істотному підвищенню собівартості зварених конструкцій. При проведенні зварювальних робіт на відкритому повітрі виконання прокалки проблематично через специфіку виробничих умов. З метою одержання вологостійких електродів, що забезпечують стабільно високі зварювально-технологічні властивості при сприятливих гігієнічних характеристиках незалежно від умов і тривалості зберігання, була розроблена спеціальна технологія їхнього виробництва. До процесу виготовлення електродів у рамках діючої технології вводиться додаткова технологічна операція гідрофобізації, яка відбувається за допомогою спроектованої установки. Сам процес гідрофобізації полягає в обробці електродних покриттів вологостійкими композиціями. З цією метою можуть бути використані композиції різних складів, наприклад, полімерні композиції, чи розчини на основі кремнійорганічних з'єднань тощо. Були зроблені спроби гідрофобізації кремнійорганічними з'єднаннями й електродних покриттів, що також мають пористу структуру. Для цієї мети використовувалися продукти гідролізу етілсілікату (тетраетоксисилану) і гідрофобізуючі поліетілен– і поліметилгідро-силоксанові рідини ГКЖ–94 та ГКЖ–94М. Гігроскопічність електродів після обробки такими покриттями значно знижується. Отримані в такий спосіб вологостійкі електроди піддавалися технологічним іспитам у виробничих умовах. Результати іспитів показали, що механічні властивості і хімічний склад наплавленого металу не уступають властивостям металу наплавленого звичайними електродами, що пройшли попередню прокалку при 350°C в плинні 2 годин. Таким чином, розроблена установка дозволяє одержувати вологостійкі електроди з високими зварювально-технологічними властивостями й усунути високотемпературну обробку електродів перед їх використанням, спростити умови збереження, упакування і транспортування готових електродів.

**Ключові слова:** ручне дугове зварювання, електрод, покриття, гідрофобізація, виробництво, прокалювання, композиція, механічні властивості, виробничі умови.

**Биковський О. Г., Лаптева Г. М., Пасько М. П. Особливості формування плазмового покриття в залежності від виду напилюваних матеріалів // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Зазначена робота присвячена дослідженню таких важливих питань, як температура плазмового потоку з металевими частинками, тиск його на основу, змочування і розтікання напиленого матеріалу по поверхні, а також корегуванню існуючої технології напилення на підставі отриманих результатів.

Виміряно температуру та будову частинок розпилюваних матеріалів у вигляді струмоведучих дротів та порошкоподібних матеріалів з урахуванням одночасного впливу плазмового потоку. Виміряно величину тиску плазмових струменів та його вплив на формування покриття. Досліджено характер розтікання крапель рідкого сплаву в залежності від стану поверхні основи. Проведені дослідження впливу часу дробоструминної обробки на морфологію оброблюваної поверхні і міцність зчеплення плазмового покриття з основою та встановлено графічну залежність. Побудовано залежність оптимального співвідношення розмірів крапель та мікрорельєфу, що забезпечує найбільшу міцність покриття, нанесеного струмоведучим дротом. Скореговано існуючу технологію і техніку напилення для покращення працездатності покриттів, отриманих з використанням струмоведучого дроту.

**Ключові слова:** плазмове напилення, струмоведучий дріт, характер руйнування, міцність зчеплення, калориметрирування, мікрорельєф поверхні, змочування поверхні.

**Власов А. Ф., Кушій Г. М. Високопродуктивний спосіб виготовлення сталевих конструкцій // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Підвищення продуктивності ручного дугового зварювання (наплавлення) і пошук нових видів сировини для їхнього виготовлення являється одним із головних завдань, що стоять перед розробниками зварювальних і наплавочних матеріалів. Одним з ефективних способів підвищення продуктивності (коефіцієнта наплавлення й годинної швидкості плавлення електродів) є введення до складу покриття екзотермічної суміші у вигляді оксидів заліза й алюмінієвого порошку в кількостях достатніх для її утворення. Розроблені статистичні моделі, що дозволяють визначити оптимальний вміст екзотермічної суміші й товщини покриття електродів при

мінімальних втратах електродного металу при визначенні максимальних значень: коефіцієнта розплавлення електрода  $\alpha_p$ , швидкості плавлення покриття електрода  $V_{пок}$ , ККД нагрівання електрода  $\eta_e$ , відношення теплот  $Q_{хім}/Q_e$ , оптимальних значень швидкості плавлення електрода  $V_{пл.е}$  та ККД нагрівання виробу  $\eta_v$ . Приведені складові експериментально визначеного миттєвого теплового балансу плавлення електродів з екзотермічною сумішшю в покритті. Механічні властивості і хімічний склад металу швів, виконаних різними партіями розроблених електродів, повністю задовольняють вимогам ГОСТ 9467-75 до електродів типів E46 (ЕТ-3), E50A (ЕТ-2) і E60 (ЕТ-4). Вміст газів у металі, наплавленому електродами з екзотермічною сумішшю, близько до значень, характерних для електродів з основним типом покриття. Максимальне значення коефіцієнта розплавлення електрода знаходиться при вмісті кількості екзотермічної суміші в межах 40...55 % і коефіцієнту маси покриття 0,6...1,0. Оптимальне значення швидкості плавлення електрода знаходиться при вмісті кількості екзотермічної суміші в межах 40...55 % і коефіцієнту маси покриття 0,4...0,8. Максимальне значення швидкості плавлення покриття електрода знаходиться при кількості екзотермічної суміші в межах 35...55 % і коефіцієнту маси покриття 0,6...0,65 і 0,9...1,0. Максимальне значення ККД нагрівання електрода  $\eta_e$  знаходиться при вмісті кількості екзотермічної суміші в межах 40...60 % і товщини покриття електрода  $(0,9...1,4) \cdot 10^{-3}$  м.

**Ключові слова:** ручне дугове зварювання, продуктивність, електродне покриття, коефіцієнт наплавлення.

**Вовк А. О., Бережний С. П., Капустян О. Є., Осіпов М. Ю., Андрущенко М. І., Бриков М. М. Зносостійкість високовуглецевих сплавів в умовах гідроабразивного зношування // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

В роботі проведено натурні випробування сталі 120Г3С2 після гартування від різних температур, а також металу, який наплавлено експериментальними електродами. Склад електродного покриття забезпечує отримання наплавленого шару, який за хімічним складом і структурою є ідентичним до наплавки порошковим дротом ПП-АН170. Експериментальні зразки  $75 \times 50 \times 5$  мм встановлено поруч з еталонними (Ст3) у робочому тракті пульпопроводу земснаряду ГПП-15. Характерною особливістю зношування деталей робочого тракту земснаряду є великий діапазон умов руйнування поверхонь, оскільки кут атаки гідроабразивних струменів може змінюватись від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . За малих кутів атаки руйнування відбувається переважно за рахунок корозії. Якщо кути атаки наближаються до критичних, руйнування відбувається в режимі механічного зношування. Зразки встановлено ребрами назустріч гідроабразивному струменю, тому випробування одночасно відбувались як в режимі корозійного зношування (бокові поверхні), так і в режимі механічного зношування (крайки зразків, які зазнають руйнування при великих кутах атаки). Випробування проводили впродовж періоду травень-грудень 2017 р.

В результаті випробувань встановлено, що корозійний знос зразків загартованої сталі 120Г3С2 до п'яти разів вище, ніж зразків із Ст3. Проте стійкість зразків сталі 120Г3С2 до механічної складової гідроабразивного зношування в середньому в п'ять разів вище. Через це масовий знос еталонних зразків і зразків сталі 120Г3С2 був приблизно однаковим. Масовий знос наплавлених зразків виявився втричі меншим за знос еталонних зразків. Це свідчить про те, що наплавлений метал володіє підвищеною зносостійкістю як до механічної складової гідроабразивного зношування, так і до корозійної.

**Ключові слова:** гідроабразивне зношування, високовуглецеві сплави, наплавка, механічне зношування, корозія, знос, зносостійкість.

**Гавриш П. А. Чинники, які впливають на утворення дефектів зварювання міді зі сталлю // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Мета роботи – узагальнити основні фактори впливу на якість зварних з'єднань міді і сталі і запропонувати напрямки в галузі підвищення якості, тобто усунення дефектів зварювання різнорідних металів. Тому величезну роль в сучасних умовах грає метод отримання зварних вузлів із заздалегідь заданими властивостями.

Дефекти зварних з'єднань знижують працездатність зварних деталей. Встановлено, що при зварюванні сплавів на основі міді та зварюванні міді зі сталлю можливе утворення тріщин як в зварному шві, так і в зоні термічного впливу. При великій товщині металу і багатопрхідному зварюванні спостерігаються два типи тріщин. Тріщини першого типу утворюються в зварному шві при високій температурі зварювання, поверхня таких тріщин темна зі слідами сильного окислення, а злам має міжкристалітний характер, такі тріщини є гарячими кристалізаційними. Тріщини другого типу, утворюються в зоні термічного впливу. Їх поверхня не окислена зовсім або трохи окислена. Як правило, такі тріщини утворюються в біляшовній зоні на відстані 0,8...2,5 мм від межі сплавоутворення. Для зменшення можливості утворення дефектів необхідно вести комплексну роботу у напрямках: удосконалення термічного стану зварюваних деталей, розробка сучасних електродних матеріалів, застосування методів зниження можливості утворення евтектичних прошарків. Важливу роль при утворенні дефектів надають хімічні властивості міді та заліза, велика різниця в коефіцієнтах теплопровідності, температур плавлення, низька проникність міді в залізо і заліза в мідь.

**Ключові слова:** зварювання міді зі сталлю, кристалізаційні тріщини, гарячі тріщини, дефекти зварного шва.

**Гринь О. Г., Жаріков С. В., Соцький І. М. Підвищення механічних властивостей робочих поверхонь деталей машин через матеріал оболонки порошкового дроту // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

В роботі розглянуто вплив матеріалу оболонки і її стану на якість наплавленого металу та зварювально-технологічні властивості самозахисного порошкового дроту (СПД). Наведено результати дослідження неметалевих включень в стрічках марки 08кп, широко використовуваних для виготовлення порошкового дроту і експериментальної термічно поліпшеної стрічки 65Г. Дослідженням встановлено, що метал всіх зразків забруднений переважно дрібними сульфідними неметалевими включеннями неправильної і куткової форми, а також плівкового типу. Встановлено звуження розмірного інтервалу в сторону зменшення величини неметалевих включень в стрічці з підвищеним вмістом Mn і Si. Показано зв'язок забруднення матеріалу оболонки і наплавленого металу. Утворюється домінування включень менших розмірів в наплавленому металі в порівнянні з вихідними матеріалами, що пояснюється високою інтенсивністю перемішування металу і шлаку в зварювальній ванні, з подальшим переходом неметалевих включень в шлакову фазу.

Розглянуто вплив шорсткості поверхні оболонки СПД на стабільність горіння зварювальної дуги, що в свою чергу відображається на якості наплавленого металу. Показано взаємозв'язок твердості металу оболонки після волочіння СПД через волокнисті і шорсткості її поверхні. Наведені профілограми стану поверхні дротів, осцилограми струму і напруги при наплавленні досліджуваними дротами та коефіцієнти пульсації параметрів зварювання в залежності від величини шорсткості. Розраховані значення пульсації підтвердили припущення про вплив стану поверхні оболонки і її матеріалу на стабільність процесу наплавлення. Дане явище пов'язане зі стабільністю контакту між струмопідвідним мундштуком і дротом, а також зниженням механічних опорів проштовхування дроту при його русі в зону дуги. Досягнуто розширення робочого діапазону режимів наплавлення дротом з оболонкою зі стрічки 65Г, що пояснено більш стабільною подачею дроту в зону дуги, а також надійним контактом в струмопідвідному мундштуці, який покращується при зниженні шорсткості дроту.

**Ключові слова:** самозахисний порошковий дріт, матеріал оболонки, неметалеві включення, шорсткість поверхні.

**Гринь О. Г., Трембач Б. О., Трембач І. О. Сучасні матеріали для підвищення зносостійкості деталей машин наплавленням при гідроабразивному зносі // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, що конкурентоспроможність гірничозбагачувальних комбінатів та підприємств добувних компаній залежить від терміну служби швидкозношуваних деталей, стійкість яких визначається матеріалами, що застосовуються. Літературний огляд засвідчив, що найбільшою зносостійкістю володіють сталі з міцною матрицею типу мартенситу або мартенситу з незначною кількістю аустеніту з помірною кількістю зміцнюючої фази в вигляді дуже твердих частинок компактної круглої форми.

Наведено приклади наплавочних самозахисних порошкових дротів (СПД) як вітчизняних, так і закордонних виробників. За результатами інформаційного огляду сучасних матеріалів для наплавлення для умов гідроабразивного зносу можна виділити наступні групи сталей за вмістом вуглецю: 0,4–0,5 % C; 0,8–0,9 % C; 1,2–1,5 % C. У кожній групі можна ідентифікувати підгрупи з різним вмістом хрому: 5–7 % Cr і 10–12 % Cr. Наплавочні матеріали з високим вмістом вуглецю характеризуються більшим вмістом карбідо- або карбоборидо-утворюючих елементів. Розробляючи нові матеріали для наплавлення, необхідно провести дослідження сплавів з низьким вмістом дорогих елементів, тобто економно легованих матеріалів, з незначним вмістом вуглецю. Значний інтерес представляє дослідження спільного впливу Cr, Ti, Nb з додаванням Cu або Al на корозійну складову в умовах гідроабразивного зносу, а також визначення їх співвідношення, механічних властивостей та характеристик оксидної плівки.

**Ключові слова:** матеріали для наплавлення, СПД, матриця, мартенсит, зміцнююча фаза, гідроабразивний знос.

**Кассов В. Д., Кабацький О. В., Бережна О. В., Малигіна С. В. Технологічні особливості виготовлення і наплавлення з використанням порошкового дроту складної конструкції // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Метою даної роботи є вдосконалення технології зносостійкого наплавлення порошковим дротом складної конструкції. Дріт запропонованої конструкції виготовляється шляхом згортання трубки із сталевих стрічок з введенням в неї легуючої шихти і зварювального дроту. Використання дроту сприяє збільшенню жорсткості і підвищенню якості наплавлення тим, що замінює залізний порошок в порошковому дроті. При цьому краплі електродного металу формуються на дроті, що також призводить до повного розплавлення шихти, кількість якої зменшено на 10 % за рахунок виключення залізного порошку. Введення дроту також сприяє зменшенню вмісту в металі водню і неметалічних включень, підвищенню продуктивності наплавлення. Розглянутий варіант конструкції дроту реалізований при розробці технології наплавлення робочих поверхонь деталей, що працюють в умовах інтенсивного зносу. Процес наплавлення здійснювався зазначеним дротом діаметром 5 мм під шаром флюсу. Для підвищення механічних властивостей металу і його стійкості проти тріщин здійснювалося модифікування наплавленого металу магнієм, який додавали у вигляді магнієво-алюмінієвої лігатури (в кількості 5–8 %) для запобігання вигорання магнію, а також для полегшення дроблення і розмелювання. Обрана конструкція дозволяє підвищити якість, технологічність, продуктивність як при виготовленні дроту, так і при

виконанні наплавлення. Застосування порошкового дроту обраної конструкції і складу при наплавленні зносостійкої поверхні дозволило отримати наплавлений метал зі сприятливою структурою, а також зниженим вмістом шкідливих домішок. Все це сприяє підвищенню пластичних властивостей і ударної в'язкості металу, стійкості до утворення гарячих тріщин. Підвищується також жароміцність металу за рахунок очищення меж зерен від легкоплавких шкідливих домішок сірки, свинцю, олова, оксидів та інших сполук. Випробування також показали, що досліджувані порошкові дроти мають також досить високі зварювально-технологічні характеристики: відмінне формування шва, добре відділення шлакової кірки. Результати досліджень дозволяють рекомендувати використання розглянутого порошкового дроту на виробництві при наплавленні робочих поверхонь зношених деталей.

**Ключові слова:** зносостійке наплавлення, порошковий дріт складної конструкції, шихта, флюс, модифікування наплавленого металу, магній.

**Куцій Г. М. Удосконалення матеріалів для ремонту деталей машин із низьколегованих та середньовуглецевих сталей // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Розглянуто методики отримання із спека алюмінату натрію, що має задовільні значення в'язкості і каустичного модуля, з'ясовано вплив часу вилуговування і концентрації їдкого натру у вихідному розчині на перехід в рідку фазу із спека кремнію, алюмінію і лугу, а також на значення в'язкості, густини і каустичного модуля розчину; для поліпшення зв'язуючих властивостей алюмінату було введено в розчин декстрину або крохмалю, з метою підвищення в'язкості алюмінату при його постійній густині. Зв'язуюче, отримане з алюмінату натрію і крохмалю, характеризується меншими значеннями в'язкості в порівнянні з вихідним алюмінатом при однаковій густині в обох випадках, хоча зазвичай, при введенні крохмалю в лужний розчин і його кип'ятінні, в'язкість останнього зростає. Дослідження структури зразків проводили непрямим методом, шляхом вивчення особливостей їх будови на відбитках (репліках), знятих з поверхні затверділого при висушуванні зв'язуючого. Визначено, що кип'ятіння алюмінату з крохмалем дозволяє отримувати зв'язуюче з високими значеннями густини і зниженими значеннями в'язкості, в порівнянні з вихідним алюмінатом, що забезпечує задовільні умови опресування і необхідну міцність покриттів, але при виготовленні електродів, що містять в покритті окислювальні компоненти, до складу останнього вводився хлормagneзійний цемент. Виготовлені таким способом електроди, характеризуються високою механічною міцністю покриття, витримують випробування, спухання покриттів при цьому не виявлено.

**Ключові слова:** електродне покриття, алюмінат натрію, зв'язуюче, високопродуктивні електроди, зварювання.

**Лаврова О. В., Мех К. О. Моделювання теплових процесів при зварюванні та наплавленні з керованим переносом електродного металу // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Представлено моделювання формування зварювальної ванни при впливі імпульсів струму дуги і при її поперечних коливаннях. У запропонованому способі зварювання і наплавлення визначені фактори, що впливають на формування поверхні розплаву зварювальної ванни під дією сил гравітації без застосування керованого переносу електродного металу і інерційної сили, і з застосуванням керованого переносу електродного металу, а також електродинамічного тиску дуги, яким протистоїть капілярний тиск (сили поверхневого натягу) і внутрішній тиск в розплаві, що забезпечує сталість обсягу рідкого металу при варіаціях форми поверхні.

Встановлено, що перенос металу залежить від співвідношення сил, прикладених до краплі на торці електрода. Величину цих сил можна регулювати хімічним складом покриття, коефіцієнтом маси покриття, режимом зварювання, тим самим впливати на розміри крапель з метою поліпшення технологічних властивостей електродів. При використанні механічних коливань з метою контрольованого тепломасоперенесення з торця електрода в зварювальну ванну з'являється нова інерційна сила, яка залежить від маси краплі і прискорення руху торця електрода, мінливого в процесі наплавлення. Для порівняння двох розрахованих величин суми сил без застосування примусового перенесення і суми сил з керованим переносом, введений коефіцієнт  $K(t)$ , який показує вплив сили інерції, отриманої від примусового механічного перенесення електродного металу на краплю рідкого металу. Визначено вплив інерційної сили на баланс сил, що діє на краплю електродного металу. Сума сил з урахуванням сили інерції перевищує суму сил без неї практично в 2 рази.

Встановлено, що за допомогою регулювання розмірних конструктивних параметрів розглянутого пристрою і швидкості обертання збудника коливань можна отримати багаторазове збільшення сили відриву крапель електрода, що розплавляється, в порівнянні зі звичайними пристроями подачі. За рахунок цього досягається контрольована регулярність переходу крапель рідкого металу в зварювальну ванну, підвищення якості наплавленого металу і зменшення ймовірності і появи дефектів типу несплавлення. Отримані результати рекомендовані до використання в подальших дослідженнях.

**Ключові слова:** контролююче перенесення електродного металу, теплові процеси, інерційна сила.

**Лещинській Л. К., Матвієнко В. М. Особливості технології наплавлення багатошарових зносостійких композицій з пластичним підшаром // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, що можливість підвищення термостійкості багатошарових зносостійких композицій з пластичним підшаром узгоджується з раніше дослідженою підвищеною тріщиностійкістю багатошарових композицій з пластичними шарами. Одним із способів підвищення термовтомної стійкості напавлених виробів є використання пластичного підшару з низьковуглецевої низьколегованої сталі, а також підшару з хромонікелевої аустенітної сталі. Разом з тим, реалізація такої можливості залежить від забезпечення необхідного складу підшару, що визначається ступенем його розведення основним металом, з одного боку, і робочим шаром – з іншого. Наведено результати досліджень, що показують, що розрахункові значення розмірів зони проплавлення при напавленні стрічковим електродом залежать від температури плавлення і коефіцієнту теплопровідності основного металу. Тому глибина і площа проплавлення хромонікелевої сталі аустенітного класу 12X18H9T на 20...25 % перевищують ці показники для основного металу з низьковуглецевої низьколегованої сталі Ст. 3. Щоб запобігти такому збільшенню розмірів зони проплавлення аустенітного підшару, запропоновано диференційований підхід до вибору значення погонної енергії напавлення, виходячи зі співвідношення температури плавлення низьковуглецевої сталі в порівнянні з хромонікелевою сталлю. При однаковій температурі плавлення матеріалів робочого шару і підшару погонна енергія напавлення зовнішнього шару повинна відповідати номінальній. При напавленні підшару на основний метал величина погонної енергії повинна бути однаковою або нижче погонної енергії напавлення робочого шару. Якщо температура плавлення матеріалу підшару нижче температури плавлення матеріалу робочого шару, значення погонної енергії напавлення робочого шару повинне бути нижчим за номінальне. Запропоновано емпіричну залежність для визначення значення погонної енергії при напавленні робочого шару і підшару багатошарової композиції.

**Ключові слова:** багатошарова композиція, пластичний підшар, напавлення, стрічковий електрод, погонна енергія, диференційований підхід.

**Макаренко Н. А., Куликов В. П. Рішення проблеми зміцнення і відновлення виробів типу «шток» // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, що у світовій промисловості, як і в промисловості України, в останні роки все частіше стали застосовувати біметалічні вироби. Для отримання біметалевих виробів, таких як штоки, суднова арматура, направляючі підшипників, пари тертя, застосовуються мідні сплави, котрі наносяться на сталі різних структурних класів. Встановлено, що найбільш поширеним способом отримання таких з'єднань є напавлення. Надано критичний аналіз найбільш розповсюджених способів відновлювального та зміцнювального напавлення, що використовують при отриманні біметалевих виробів (ручного дугового напавлення, напавлення під шаром флюсу і плазмового процесу з аксіальним поданням плавкого електроду). Доведено, що найбільш ефективним способом отримання з'єднань «сталь-мідні сплави» є плазмові процеси. Зазначено, що в порівнянні з напавленням під шаром флюсу (не кажучи вже про ручне дугове напавлення) плазмовий процес нанесення покриттів дозволяє отримати значно меншу глибину проплавлення матеріалу виробу, що надалі забезпечить наявність відсутності тріщин у виробі. Намічено шляхи і здійснено пошук нових шляхів зменшення частки основного металу в напавленому. Дослідження були спрямовані на удосконалення способу плазмового напавлення, в результаті чого розроблена установка для імпульсного плазмового процесу напавлення на підставі застосування генераторів уніполярних імпульсів з ємнісними накопичувачами енергії і з певною частотою проходження імпульсів. Проводили порівняльне напавлення зразків, отриманих автоматичним зварюванням під шаром флюсу бронзи типу МНЖ5-1 на сталь 20 і напавлення зразків, отриманих за допомогою імпульсного плазма-МІГ напавлення з використанням тих же матеріалів. Були проведені металографічні дослідження напавлених зразків, які показали, що розроблена установка імпульсного плазма-МІГ напавлення дозволяє отримати напавлений метал без наявності структурно-вільного заліза, тому що практично відсутній процес розплавлення основного металу (сталі 20), при цьому процес максимально наближений до ефекту «пайка-зварювання» (така будова металу напавлення, вільного від залістистих складових, і визначає його фізико-хімічні та механічні властивості). Намічено шляхи подальших досліджень і визначена доцільність їх проведення.

**Ключові слова:** ручне дугове напавлення, напавлення під флюсом, напавлення плазмовим струменем, плазмове напавлення електродом, який плавиться, напавлення кольорових сплавів, глибина проплавлення, частка основного металу, генератор уніполярних імпульсів, пляма дуги, катодне очищення.

**Размишляєв О. Д., Агєєва М. В., Остапенко Є. Л., Адилін О. М. Нова методика визначення магнітних властивостей матеріалів, що застосовуються при дуговому зварюванні // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, що використовувана методика для визначення магнітних властивостей зварювальних матеріалів і, зокрема, магнітної проникності, відрізняється значною складністю. У цій методиці використовується зразок з досліджуваного матеріалу у вигляді тора, на якому розміщені первинна та вторинна обмотки. Первинний ланцюг (обмотка) живиться змінним струмом частотою 50 Гц. У первинному ланцюзі містяться амперметр

і вольтметр, а також ватметр, що дозволяє враховувати втрати в зразку на гістерезис і струми Фуко. У вторинному ланцюзі є також вольтметр. Отримувані при цьому значення магнітної проникності представляються як її амплітудне значення для досліджуваного матеріалу в змінному магнітному полі частотою 50 Гц.

У запропонованій методиці також використовується зразок з досліджуваного матеріалу у вигляді тора. На торі розміщена одна обмотка і є один амперметр в ланцюзі цієї обмотки. В обмотці пропускається постійний струм, а в прорізі тора вимірюється величина індукції магнітного поля. На основі теореми про циркуляцію вектора напруженості магнітного поля отриманий розрахунковий вираз для магнітної проникності. Для експериментів потрібно менше вимірювальних приладів, а в розрахунках не потрібно враховувати втрати на гістерезис і струми Фуко.

Встановлено, що отримані для зразків із сталей ВМСтЗсп і 09Г2С значення магнітної проникності узгоджуються з раніше отриманими результатами. Методика розрахунково-експериментального визначення магнітної проникності зварювальних матеріалів дозволяє отримати достовірні результати і рекомендується до використання в подальших дослідженнях.

**Ключові слова:** зварювальні матеріали, магнітна проникність, тор, індукція магнітного поля, напруженість поля.

**Размишляев О. Д., Агеева М. В. Влияние поперечного магнитного поля на геометрию валиков при возобновлении виробів // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

В роботі показано, що при наплавленні з дією поперечного магнітного поля (ПОМП) на проплавлення основного металу впливала тільки поперечна компонента індукції, і всі ефекти, що спостерігалися, обумовлені дією тільки цієї компоненти магнітного поля.

Експерименти по визначенню впливу ПОМП на геометричні характеристики валика виконували з використанням дроту і пластини з немагнітних матеріалів, що і забезпечило дію на зварювальну дугу і рідкий метал ванни тільки поперечної компоненти індукції ПОМП. Немагнітні матеріали не викривлюють будову ПОМП в зоні зварювальної дуги та рідкого металу ванни, в той час як феромагнітні вироби та дріт істотно впливають на будову ПОМП. Наплавлення виконували на зворотній полярності при дії постійного ПОМП, а також змінного ПОМП і розташуванні стрижнів пристрою введення (ПВ) ПОМП поперек і уздовж осі валика.

Показано, що при поздовжньому розміщенні стрижнів ПВ ПОМП щодо осі валика постійне ПОМП призводить до бічного зміщення осі валика, тому в даному випадку розміщення стрижнів ПВ ПОМП слід застосовувати тільки змінне ПОМП. Однак змінне ПОМП частотою до 1 Гц дає хвилясте поперечне переміщення осі валика за рахунок поперечного переміщення дуги, і для усунення цього недоліку необхідно використовувати ПОМП частотою від 2 Гц і вище оскільки через інерційність рідкого металу ванни останній не міг переміщатися і вплинути на геометричні параметри валика.

Встановлено, що дія постійного ПОМП, а також знакозмінного частотою 2, 6 і 50 Гц ПОМП дозволяє в широких межах регулювати глибину проплавлення і ширину валика як при поздовжньому, так і поперечному розташуванні стрижнів ПВ ПОМП щодо осі валика.

**Ключові слова:** дугове наплавлення, поперечне і поздовжнє магнітні поля, індукція, геометричні характеристики валика.

**Размишляев О. Д., Агеева М. В. Про шаруватості кристалізації металу шва при дуговому зварюванні та оптимальних параметрах керуючих магнітних полів // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Оглядом літературних даних показано, що публікації, починаючи з 1947 р., присвячені дослідженню процесів кристалізації металу ванни при зварюванні під флюсом. Встановлено, що швидкість кристалізації металу ванни змінюється періодично і в структурі швів спостерігаються кристалізаційні шари, товщина яких вимірюється частками міліметра. Показано, що в шарах спостерігається хімічна неоднорідність і вони складаються з трьох характерних ділянок. У більш пізніх дослідженнях встановлено розміри (в перетині) цих шарів і частота кристалізації швів. Однак ці дані відносяться до процесу зварювання неплавким електродом деяких металів і сплавів товщиною 1...3,5 мм. Висловлено положення про те, що для подрібнення зерна при кристалізації швів із зовнішніми діями необхідно, щоб частота зовнішніх дій збігалася з власною частотою кристалізації швів. Щоб перевірити придатність цієї концепції до процесу автоматичного зварювання під флюсом необхідно експериментально визначити відсутні достовірні дані про власну частоту кристалізації швів для режимів, характерних для цього процесу зварювання. Розгляд особливостей формування кристалізаційних шарів в звареному шві є важливим при призначенні оптимальних параметрів (частоти і індукції) керуючих магнітних полів при дуговому зварюванні для подрібнення розмірів структурних складових швів і зменшення їх хімічної неоднорідності.

Висловлено припущення про можливість подрібнення структурних складових металу шва при зварюванні з впливом знакозмінних магнітних полів через більш швидке переміщення рідкого металу з головної частини ванни в хвостову її частину, ніж це встановлено раніше при фізичному моделюванні процесу з впливом постійних магнітних полів.

**Ключові слова:** кристалізація, шар, дугове зварювання, зовнішні магнітні поля, індукція.

**Размишляев О. Д., Агеева М. В. Використання законів електростатики для моделювання розподілу індукції керуючого поперечного магнітного поля в головній частині зварювальної ванни // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

В даний час немає простих методик для розрахунку компонент індукції в зоні зварювальної ванни, які генерують пристрої введення (ПВ) поперечного магнітного поля (ПОМП) при дуговому зварюванні та наплавленні. Відомі розрахункові методики, придатні для цих цілей, характеризуються надмірною складністю. Для вивчення розподілу індукції ПОМП в головній частині зварювальної ванни (біля поверхні основного металу) запропоновано використовувати відоме положення про те, що між будовою магнітостатичного і електростатичного полів є аналогія. Індукція ( $B$ ) і напруженість електростатичного поля ( $E$ ), що генеруються відповідно електромагнітами і зарядженими тілами, в певній точці навколишнього простору складаються як вектори. На цій основі запропонована методика, що дозволяє розрахувати розподіл поперечної і поздовжньої компонент індукції магнітного поля, що генерується ПВ ПОМП, в головній частині ванни у поверхні пластини з немагнітних матеріалів. При цьому використовуються відомі рівняння електростатики. Дані показали, що оптимальним є кут нахилу стержнів ПВ ПОМП в межах  $0...45^{\circ}$  по відношенню до вертикалі. Торці стержнів ПВ ПОМП повинні бути паралельні поверхні пластини, що зварюється. Для оцінки характеру розподіленості напруженості поля  $E$  необхідно висловлювати в відносних одиницях. У цьому випадку розподіл компоненти поля електростатичного буде збігатися з розподіленістю компонент індукції поля магнітного, що генерується реальної конструкцією ПВ ПОМП. Показано, що запропонований метод забезпечує задовільну збіжність розрахункових і експериментальних даних і може бути використаний для оптимізації конструкції ПВ ПОМП, щоб забезпечити максимальні значення поперечної компоненти індукції в головній частині зварювальної ванни при незмінній величині сили, що намагнічує обмотки на стрижнях цього ПВ.

**Ключові слова:** дугове зварювання, поперечне магнітне поле, пристрій введення, індукція, розрахункова методика.

**Дорохов М. Ю., Вовненко О. Є. Вдосконалення конструкції механізму головного підйому ливарного крана, що запобігає падінню вантажу при обриві каната // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

В роботі запропоновано нове конструктивне рішення актуальної науково-технічної задачі по підвищенню безпечності роботи ливарного крана при виконанні операцій по транспортуванню ковша із рідким металом. Зміни в конструкції стосуються модернізації поліспада механізму головного підйому, в якому зазвичай використовується зрівноважувальний балансір. При використанні такого балансіра в разі обриву каната відбувається різке падіння вантажу. Через те, що балансір застосовується на ливарному крані, на нього і на прикріпленій до нього канат впливає висока температура, можливе попадання крапель рідкого металу, а також мала ширина самого балансіра може привести до сильного перегинання каната, обриву одного з канатів, а також може спричинити за собою і обрив каната, що залишився. Для підвищення надійності крана запропонована нова конструкція поліспада і схеми запасування каната. Це досягається інтеграцією в конструкцію поліспаду із зрівноважувального пристрою у вигляді барабана, що виконує роль зрівняльного елемента, який також запобігає падінню вантажу при обриві каната. При використанні зрівняльного барабана очікується рівнозамедлене падіння вантажу при обриві каната. Це в свою чергу зменшить динамічні навантаження на металоконструкцію крана. Зрівняльний барабан дозволить істотно скоротити амплітуду горизонтального відхилення кінцевого положення вантажу в порівнянні з балансіром. Попередні прорахунки дають підставу говорити про можливість зменшення амплітуди розгойдування в 2–3 рази.

**Ключові слова:** ливарний кран, поліспаст, траверса, зрівноважувальний барабан.

**Кулієв В. В., Сердюк О. О. Удосконалення алгоритму керування процесом завантаження вугілля в кульовий барабанний млин // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

У роботі проведено аналіз проблеми, пов'язаної з недостатньою продуктивністю процесів підготовки вугільного пилу на теплоелектростанціях. При підготовці пилу використовуються кульові барабанні млини, які мають недосконалі, а в більшості випадків ручні системи керування. Основними функціями системи керування млинами є підтримка температурного режиму для забезпечення сушильної здатності гарячого повітря, що подається в барабан, а також керування живильником сирого вугілля. Дослідниками встановлено, що максимальна продуктивність млина досягається при певному рівні завантаження млина, який становить 80–95 % максимально можливого рівня. Але для контролю завантаження млина в системах керування використовуються непрямі показники, такі як перепад тиску в барабані, рівень віброприскорень барабану при роботі, температура пилеповітряної суміші на виході, які характеризують тільки окремі явища процесів і не дозволяють одержати більш певну інформацію. Тому в даній роботі запропонований новий підхід для зменшення інформаційної ентропії, суть якого полягає в об'єднанні інформації декількох показників процесу в один узагальнений показник. Для реалізації цього підходу використана відома функція Харрінгтона, яка дозволяє узагальнити непорівнювані між собою показники й представити їхню геометричну суму у вигляді безрозмірного показника бажаності для результату керування. Завдяки такому перетворенню узагальнений показник стає більш інформативним. Доречно також відзначити значне

скорочення алгоритму аналізу контрольованих параметрів для виробітку керуючого впливу. Розроблений у роботі алгоритм керування відрізняється від існуючих простотою й більшою вірогідністю результатів аналізу, що дозволяє забезпечити більш високу точність керування рівнем завантаження барабана.

**Ключові слова:** кульовий барабанний млин, алгоритм керування, підвищення продуктивності, функція бажаності.

**Франчук В. П., Зіборов К. А. Про максимальну тягову здатність одновізкового шахтного локомотиву при сталому русі на прямолінійній ділянці колії // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Для математичної моделі одновізкового шахтного локомотиву визначена максимальна тягова здатність при сталому русі на прямолінійній ділянці колії з урахуванням геометричної недосконалості його вихідних ланок. Отримано залежності для визначення максимального значення сили тяги, яка реалізується одним колесом, однією віссю, сумарне тягове зусилля одновізкового шахтного локомотиву. Визначена сумарна величина бічного тиску ребордами коліс шахтного локомотива на головку рейки  $Q_y$  для випадку розташування коліс зі зношеним профілем бандажа по одну сторону екіпажної частини. Сформульовано рекомендації за величиною граничної норми зносу (прокату) бандажів коліс колісних пар на одну сторону (не більше 5 %) для реалізації максимальної сили тяги при заданій швидкості руху візка. Отримано графіки зміни величини максимального тягового зусилля при різному радіусі коліс і різній швидкості руху одновізкового шахтного локомотиву, які визначають швидкість руху локомотива, при якій він може реалізувати максимальне тягове зусилля. Встановлений функціональний зв'язок між кінематичними та силовим параметром дозволяє не тільки визначити максимальну тягову здатність шахтного локомотива, а й досліджувати його динамічну поведінку, а також прогнозувати експлуатаційні показники взаємодії системи «транспортний засіб – зовнішнє середовище».

**Ключові слова:** математична модель, одновізковий шахтний локомотив, сталий рух, максимальне тягове зусилля.

**Шевченко В. О., Чаплигіна О. М. Вплив режимів несталого руху землерийно-транспортних машин на показники якості виконаної роботи // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Процес розробки робочого середовища землерийно-транспортними машинами супроводжується дією на робоче обладнання змінних в часі опорів. У ситуаціях блокування робочих органів, які супроводжуються інтенсивним гальмуванням машини, навантаження на робоче обладнання носять ударний характер і можуть значно перевищити середній рівень звичайних навантажень. Подібне навантаження може привести до відхилення машини від запланованої траєкторії руху.

Одним з показників курсової стійкості землерийно-транспортних машин є параметр, що характеризує якість виконаної роботи. Зокрема, для машин, що виконують спорудження земляних насипів, одним з важливих параметрів є показники курсової стійкості, які характеризують відхилення реальної траєкторії руху робочого органу від запланованої. У випадках, якщо траєкторія руху землерийно-транспортних машин істотно відхиляється від проектною, виникає необхідність виконати додаткові проходи, що неминуче призводить до падіння продуктивності і підвищення енергоємності технологічного процесу.

Розроблена динамічна модель руху автогрейдера дозволяє врахувати вплив несталих навантажень на форму траєкторії її руху і розробити рекомендації щодо стабілізації показників її курсової стійкості. Під час виконання технологічних операцій траєкторія руху автогрейдера математично може бути описана за допомогою двох динамічних моделей: плоского руху машини в площині опорної поверхні і обертального руху відносно точки блокування відвалу.

**Ключові слова:** землерийно-транспортна машина (ЗТМ), автогрейдер, показники курсової стійкості, динамічне навантаження, траєкторія руху.

**Герасименко О. В., Марков О. Є., Хващинський А. С., Житніков Р. Ю., Рагуліна Н. В. Тепловий стан ковальського злитка нової форми для поковок відповідального призначення // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Мета досліджень – підвищення якості ковальських злитків для виготовлення великогабаритних поковок високої якості. Для вирішення поставлених завдань моделювався процес кристалізації укорочених злитків зі спрямованою кристалізацією. Для цього була розроблена нова конструкція виливниці і форма укороченого ковальського злитка з спрямованою кристалізацією. Такі злитки дозволяють змінити напрямок росту кристалів розплаву. Для дослідження була розроблена методика моделювання. Дослідження проводилося з використанням МСЕ. В результаті скінчено-елементного моделювання встановлено, що тепловий центр кристалізації злитка локалізується в верхній частині злитка при забезпеченні спрямованої кристалізації знизу вверх. Спрямована кристалізація виключає тепловідвід у радіальному напрямку, що сприяє зменшенню утворення осьової рихлості і зменшенню глибини усадочної раковини, яка становить 5 ... 7 % від висоти злитка. Значна частина об'єму злитка кристалізується з постійною різницею температур, що не перевищує допустимих значень, які можуть привести до утворення внутрішніх розривів. Максимальну температуру в процесі кристалізації укороченого



злитка зі спрямованим тепловідводом має верхня область злитка, а мінімальну температуру – його донна частина. Зниження відведення тепла за рахунок теплоізоляції верхній і бічній поверхні злитка компенсується інтенсивним відведенням тепла на піддон. В результаті не відбувається збільшення тривалості кристалізації в порівнянні з часом кристалізації звичайного ковальського злитка такої ж маси.

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

**Кінденко М. І. Механізм зношування та працездатність інструмента, виготовленого із швидкорізальної сталі і зміцненого методом ОІМП // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Надана робота присвячена дослідженню питань, пов'язаних з підвищенням експлуатаційних властивостей інструментів з швидкорізальних сталей шляхом магнітно-імпульсної обробки, що представляє собою поєднання електромагнітного і термодинамічного способів управління не рівноважною структурою речовини. Проведено аналіз механізму зношування швидкорізальних сталей, оброблених в імпульсних магнітних полях. Показано, що ефективність способу магнітної обробки залежить від цілого ряду чинників, що відносяться як до умов впливу на інструмент магнітним полем (характер магнітного поля, його напруженість і час витримки інструменту в індукторі), так і до умов, в яких цей інструмент експлуатується (режими різання, магнітний стан інструменту та ін.). Встановлено цілком певний діапазон значень напруженості магнітного поля, обробка в якому помітно покращує експлуатаційні властивості ріжучого інструменту зі швидкорізальної сталі. Відзначено, що першопричиною поліпшення експлуатаційних характеристик інструменту, підданого магнітній обробці, є зміна властивостей інструментального матеріалу, яка відбувається за рахунок магнітострикційного зміцнення швидкорізальної сталі. Встановлено, що для стійкого прояву ефекту магнітної обробки інструменту необхідно в кожному конкретному випадку враховувати значення напруженості магнітного поля, час витримки інструменту в робочому індукторі і час старіння інструменту після магнітної обробки.

**Ключові слова:** магнітна обробка, напруження, напруженість магнітного поля, магнітострикційне зміцнення, швидкорізальна сталь, магнітно-дисперсійне твердіння, зношування.

**Корчак О. С., Біленець К. Є. Розвиток методів збільшення ресурсу безвідмовної роботи базових вузлів гідравлічних пресів // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Метою роботи є створення методів збільшення ресурсу безвідмовної роботи базових вузлів гідравлічних пресів на основі дослідження їх триботехнічних властивостей з послідуною розробкою відповідних заходів для зменшення зношення силових гідроциліндрів, напрямних рухомої поперечини та колон. Для розробки заходів зі збільшення ресурсу безвідмовної роботи необхідно базові вузли розглядати не окремо один від одного, а застосовувати системний підхід, який передбачає врахування їх взаємодії та взаємного впливу під час промислової експлуатації. Для запобігання нерівномірності зношення поверхонь сполучення силових гідроциліндрів, напрямних рухомої поперечини та колон треба усувати ексцентричне навантаження пресу та системою його автоматичного керування протидіяти відхиленню напрямних колон від геометричної осі. На ресурс безвідмовної роботи базових вузлів гідравлічних пресів впливають перекося рухомої поперечини під дією ексцентричного прикладення технологічного навантаження, вигин верхньої нерухомої поперечини внаслідок затискання кінців напрямних колон, деформації, обумовлені конфігурацією нерухомої поперечини та способом спирання плунжерів робочих циліндрів на рухому поперечину. Виконання радіусу заокруглення галтелей робочих циліндрів величинами меншими, ніж припустимі, призводить до появи в них яскраво виражених зон концентрації напружень, а заглиблення галтелей в середину корпусу більше, ніж на припустиме значення, посилює розвиток тріщин від утомленості. Найбільша інтенсивність кавітаційного зношення спостерігається в початкові моменти вприскування робочої рідини під тиском у внутрішню порожнину робочого циліндра, коли перепад тисків і швидкість рідини на ділянці переходу отвору у внутрішню порожнину корпусу максимальні. Для збільшення ресурсу безвідмовної роботи робочих циліндрів необхідно забезпечити раціональне проектування елементів гідроприводу при збереженні заданих рівнів тиску в гідросистемі.

**Ключові слова:** прес гідравлічний, циліндр силовий, рідина робоча, зношення, колона, поперечина рухома, тиск, кавітація.

**Кулініч А. А. Математичні моделі впливу параметрів структури на механічні властивості сплаву АМг11 // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Мета роботи – встановити ступінь впливу середніх розмірів зерна і дендритної чарунки на рівень механічних властивостей промислового сплаву АМг11 та побудувати математичні моделі залежності рівня механічних властивостей сплаву від характеристик структури.

Експериментально досліджено взаємозв'язок між розміром зерна і дендритної чарунки та рівнем механічних властивостей промислового сплаву АМг11. Побудовано математичні моделі залежності рівня механічних властивостей сплаву від даних характеристик структури. На основі аналізу побудованих математичних моделей встановлено ступінь впливу середнього розміру зерна і дендритної комірки на рівень механічних властивостей промислового сплаву АМг11.

В характерному для сплаву АМг11 діапазоні змін характеристик структури, залежності між рівнем механічних властивостей і розмірами основних характеристик структури задовільно описуються лінійною функцією, окрім залежності між межею плинності та розміром зерна. Ця залежність описується рівнянням типу Холла-Петча. Встановлено, що зміна розмірів макро- і мікроструктури промислового сплаву АМг11 особливо суттєво впливає на підвищення рівня відносного видовження.

**Ключові слова:** структура, механічні властивості, зерно, дендритна чарунка, математична модель.

**Пиц Я. Є., Пиц Є. Я. Вплив сил тертя і мастила на крутильний момент і температуру трубчастих заготовок при ротаційній обкатці // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, що обробка матеріалів у машинобудуванні в даний час має розвиток в напрямках, пов'язаних з підвищенням продуктивності, якості та ефективності виробництва, економії матеріальних і енергетичних ресурсів, підвищенням якості виробів і напівфабрикатів, що випускаються, скороченням собівартості виробництва. До прогресивних ресурсозберігаючих способів обробки металів тиском відносять технологію ротаційної обкатки порожнистих виробів фрикційним інструментом. Ця технологія застосовується при виробництві деталей і напівфабрикатів типу порожніх корпусів фільтрів і гідроциліндрів, балонів, роликів стрічкових конвеєрів та інших осесиметричних деталей. Встановлено, що процес ротаційної обкатки в ряді випадків може конкурувати з куванням, об'ємної і листовим штампуванням. Дано критичний аналіз впливу сил тертя, в тому числі наявності і ефективності мастила, на крутий момент і температуру нагрівання при ротаційній обкатці трубчастих заготовок. Доведено, що при наявності мастила крутий момент зростає, що призводить до зменшення величини роботи, що витрачається на подолання сил тертя, і, як наслідок, зменшення величини тепла, яке генерується в заготовці. Це призводить до зниження температури частини заготовки, яка деформується, і збільшення машинного часу на обробку.

**Ключові слова:** фрикційний інструмент тертя, ротаційна обкатка, локалізація осередку деформування, нагрів за рахунок тертя, момент тертя, крутильний момент, тепловий стан ділянки труби, що деформується, генерація тепла за рахунок внутрішнього тертя, втрати тепла при ротаційній обкатці.

**Ковальов В. Д., Мельник М. С., Васильченко Я. В., Сасенко М. О. Оптимізація процесу важкого точіння з використанням систем адаптивного управління // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показана актуальність застосування адаптивного керування при обробці деталей на важких токарних верстатах з ЧПК, розробка та реалізація законів керування режимами обробки на важкому токарному верстаті, а саме керування подачею для регулювання сили різання за допомогою PLC модулів. Застосування адаптивних систем на верстатах з ЧПК і багатоопераційних верстатах дозволяє створювати самоналагоджувальні технологічні системи, що забезпечують досягнення необхідної точності і заданої продуктивності при обробці кожної нової деталі. В якості параметра регулювання обрано швидкість поздовжньої подачі різця. Наведено закон керування поздовжньої подачі різця в залежності від значення сили різання. Розроблена схема, яка призначена для автоматичної підтримки заданого значення зусилля різання при поздовжньому точінні на важких токарних верстатах з метою отримання максимальної продуктивності обробки при виключенні перевантажень ріжучого інструменту. Дана система виробляє вимірювання сили в зоні різання і на підставі цього коригує керовані параметри процесу різання (подачу) для досягнення оптимального значення. Як пристрій прийняття рішень використовувалося спеціальне програмне забезпечення – стійка Heidenhain MANUALplus 620 з вбудованим PLC модулем, що дозволяє реалізувати закони керування режимами обробки на важкому токарному верстаті. Розроблено алгоритм роботи системи адаптивного оптимального керування процесом поздовжнього точіння шляхом зміни швидкості подачі залежно від сили різання.

**Ключові слова:** адаптивне керування, PLC модулі, оптимальні режими різання, ЧПК, алгоритм.

**Ковалевська О. С., Ковалевський С. В. Апаратне і програмне забезпечення мобільності реконфігурованих виробничих систем // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

У статті викладені принципи побудови мобільних модульних систем управління мобільними інтелектуальними технологічними машинами з механізмами паралельної структури для реконфігурованих виробництв. Авторами розроблений метод ідентифікації положення, кінематичних і динамічних параметрів механізмів з кінематикою паралельної структури, з яких складаються мобільні верстати-роботи. Як інформативне джерело діагностичного сигналу використовується амплітудно-частотна характеристика власних коливань об'єкта в акустичному діапазоні. Збудження конструкції реконфігурованого обладнання відбувається малопотужним акустичним сигналом з розподілом сигналів однакової амплітуди. Для досліджень використано алгоритм швидкого обчислення дискретного перетворення Фур'є за допомогою FFT-аналізатора. Надано пропозиції щодо апаратного та програмного забезпечення використання ідентифікаційних моделей на базі згортальних нейронних мереж і глибоких обчислювань. Показана перспективність застосування одноплатних міні-комп'ютерів Raspberry Pi 3 b+ в зв'язі з мікропроцесорами Mega 2560 з бібліотеками NumPy, SciPy, Theano і Keras. Оцінка спектральної щільності проводиться за відомою реалізацією  $XP(t)$  сигналу шляхом формування з неї дискретної послідовності  $x(n)$

і обробки цієї послідовності відповідно до заданого квантування. Розроблено розмірний ряд елементів реконфігурованої виробничої системи на базі мобільних верстатів з паралельною кінематикою і інтелектуальних систем управління, що дозволяє підтримувати машиноремонтний кластер на базі реконфігурованих виробництв. Запропоновано концепцію, що може бути використано як ринковий товар у вигляді гами мобільних верстатів з інтелектуальним управлінням для різних виробництв.

**Ключові слова:** нейронні мережі, мобільні верстати, паралельна структура.

**Мельник М. С. Система адаптивного керування для компенсації пружних деформацій розточувальних інструментів на важких токарних верстатах // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Розточувальні різці і оправки, внаслідок конструктивних особливостей, мають жорсткість значно менше жорсткості різців інших типів. Це негативно позначається на точності обробки. Багато робіт різних авторів присвячено темі боротьби з автоколиваннями нежорстких розточувальних різців, але проблема впливу пружних деформацій різця на розмір виробу залишається актуальною. У статті запропоновано два варіанти системи автоматичної компенсації пружних деформацій розточувальних інструментів засобами системи ЧПУ з додатковими засобами вимірювання і програмним забезпеченням. В першому варіанті розрахунок компенсації проводиться на підставі відомої жорсткості інструмента і вимірної сили різання. Сила різання вимірюється непрямым способом через струм двигуна подачі. Для точного вимірювання сили різання в такий спосіб привод подачі виконує осциляції малої амплітуди навколо заданої координати, а струм двигуна вимірюється двічі за період осциляцій при русі привода у протилежних напрямках. Сила різання розраховується шляхом помноження на постійний коефіцієнт різниці струмів двигуна подачі при русі в протилежних напрямках. Це дозволяє виключити вплив сил тертя у приводі на точність вимірювання сили різання. В другому варіанті запропоновано конструкцію розточувального різця з вбудованим датчиком пружного переміщення. У якості вимірювального перетворювача використовується індуктивні датчики відстані, ввімкнені в мостовий вимірювальний ланцюг змінного струму. Далі сигнал датчика обробляється спеціальною електронною схемою і вводиться у систему ЧПУ в якості величини розмірної корекції. Також запропоновано три способи введення сигналу корекції в систему ЧПУ залежно від її моделі. Другий варіант більш складний, але здатний забезпечити кращий результат по точності і якості поверхні, оскільки не потребує осциляцій привода і містить менше інформаційних ланок від вимірювання до введення корекції.

**Ключові слова:** розточувальний різець, розточування, вимір, сила різання, компенсація.

**Родічев Ю. М., Шабетя О. А., Сорока О. Б., Ковальов В. Д., Васильченко Я. В. Вплив швидкості ударного навантаження на стійкість та пошкоджуваність захисного скла // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Розроблено методику випробувань кулестійкості захисного скла з урахуванням стандартних вимог та особливостей балістичного ураження стрілецькою зброєю калібру 7,62 мм кулями БЗ та БЗ2 в реальних умовах нападу. Швидкість куль є значно меншою, ніж передбачено стандартом ДСТУ 4546:2006. Методика частково враховує вимоги стандарту STANAG 4569 для випробувань малорозмірних прозорих броньованих блоків. В натурних умовах випробувано макет системи бронювання. Макет складається з чотирьох прозорих блоків. Блоки є суттєво меншими ніж за ДСТУ 4546:2006. Розміри блоків є 300 × 300 мм. Блоки виготовлені за автоклавною технологією і мають товщину 42 мм, відповідають класу кулетривкості СК3. Система прозорого бронювання комбінованого протикульного обрамлення уявляє собою раму з конструкційної сталі (сталь 45 товщиною 16 мм) з системою з'єднань та кріплень і гумовими прокладками. Рама посилена на лицьовій поверхні накладкою з гомогенної броньованої сталі Miilux Protection 500. З метою врахування реальних умов збільшено відстань стрільби до 100 м, місця ураження носять випадковий характер, що моделює умови реального нападу з застосуванням стрілецької зброї. Показано, що при навантаженні кулею БЗ2 зменшення швидкості ударника призводить до зменшення зони інтенсивного руйнування на лицьовій поверхні скла, відсутності випучування на тильній поверхні скла, зменшення глибини проникнення куль та збільшення кількості уражень без наскрізного пробиття. Отримано, що якісне захисне скло класів стійкості СК3...СК4 в умовах зменшення швидкості навантаження витримує навантаження кулями БЗ та БЗ2 і перевищує нормовані вимоги для такого типу скла. Така швидкість відповідає збільшеним дистанціям бойового зіткнення. Врахування отриманих результатів дає можливість оптимізувати структуру захисного скління для зменшення товщини блоків, підвищення оптичної прозорості та зменшення ваги систем прозорого бронювання.

**Ключові слова:** захисне скло, швидкість ударного навантаження, стійкість, пошкоджуваність, натурні випробування.

**Тулупов В. І., Онищук С. Г. Дослідження впливу режимів електроімпульсного вигладжування з модифікуванням на якість поверхні деталі // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

В зазначеній роботі виконаний аналіз методів зміцнення робочих поверхонь деталей машин. Метод зміцнення поверхонь деталей машин, що працюють в умовах знакозмінних навантажень, а також тертя та зношування, досліджений в роботі ґрунтується в нанесенні покриття у вигляді твердої змазки з наступним вигладжуванням з одночасним використанням імпульсного струму. Як результат створюється дискретна структура

поверхні у вигляді зміцнених фрагментів. Розташування зміцнених фрагментів залежить від частоти та тривалості імпульсів струму, а також режимів вигладжування. Модифікатором є дисульфід молібдену, який має низький коефіцієнт тертя, що зберігається при високих температурах та навантаженні. Дослідження виконувалось з використанням генератору імпульсного струму. Матеріал дослідних зразків сталь 40ХН. Матеріал індентора – твердий сплав Т15К6. Вигладжувач ізолюється від різцетримача. Отримана математична модель залежності шорсткості поверхні від технологічних факторів – поздовжньої подачі, сили струму, сили притискання індентора. Адекватність моделі визначена за критеріями Кохрена та Стюдента. Мікроструктурний аналіз показав, що мікротвердість поверхневого шару в межах 3,5...7,7 ГПа при початковій мікротвердості 2...2,12 ГПа. Зміцнений шар, розташований на глибині від 0,03 до 0,15 мм мав найбільшу твердість, досягаючи 6,0...7,7 ГПа залежно від режимів обробки. Загальна глибина зміцненого шару 0,25...0,3 мм. Визначена мікроструктура досліджуваних зразків за допомогою металографічного мікроскопа «Неофот-30». Результатом електроімпульсного вигладжування з модифікуванням є наявність дрібнозернистої структури глибиною до 0,3 мм. Спектральний аналіз показує наявність молібдену у поверхневому шарі досліджуваного зразка, що свідчить про локальне модифікування після електроімпульсного вигладжування.

**Ключові слова:** зміцнення, дискретна структура, дисульфід молібдену, електроімпульсне вигладжування, шорсткість, імпульсний струм, модифікування.

**Абрамська І. Б., Єнікєєв О. Ф., Захаренков Д. Ю. Аналіз метрологічних характеристик апаратних засобів для вимірювань параметрів частотно-модульованого сигналу // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Недоліком відомих апаратних засобів для вимірювань параметрів частотно-модульованого сигналу швидкості обертання колінчастого валу є незадовільні метрологічні характеристики. Глибина модуляції цього сигналу не перевищує 0,05 %, тому процес вимірювань флуктуацій достатньо складний та потребує розробки апаратних засобів, які мають малий інтервал невизначеності навколо номінальної характеристики перетворення. Визначено складові похибки первинного перетворювача сигналу миттєвої швидкості обертання колінчастого валу та з використанням методів теорії похибок проведено їхній аналіз. Сигнал флуктуацій швидкості обертання подано обмеженим рядом Фур'є. Досліджено похибку відновлення аналогового сигналу за дискретними відліками та отримано графік її поведінки у залежності від кількості інтервалів дискретизації. Також встановлено, що визначальною складовою підсумкової похибки первинного перетворювача є наявність кінематичної похибки його виготовлення. Запропоновано метод вимірювань сигналу флуктуацій, який дозволив зменшити вплив кінематичної похибки. На основі цього методу побудовано інформаційно-вимірювальний пристрій. З використанням інформаційного підходу теорії похибок досліджено метрологічні характеристики пристрою. У результаті статистичної обробки дослідних даних, які являють собою ряд вимірювань із багаторазовими спостереженнями, побудовано гістограму розкиду, визначено параметри та закон розподілу похибки. Встановлено, що ентропійний інтервал невизначеності навколо номінальної характеристики перетворення інформаційно-вимірювального пристрою відповідає вимогам за точністю вимірювань сигналів флуктуацій швидкості обертання колінчастого валу.

**Ключові слова:** частотно-модульований сигнал, флуктуації, похибка, метод вимірювань, інформаційно-вимірювальний пристрій, номінальна характеристика перетворення, інформаційний підхід, ентропійний інтервал.

**Борисенко А. Н., Борисенко Е. А., Крикуненко К. М. Синтез моделі і аналіз методичної похибки формування фазового запізнювання при шліфуванні деталей // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Розглядається математична модель перетворення кутової швидкості та моменту навантаження шліфувального круга в фазове запізнювання, необхідне для підвищення якості процесу обробки заготовки, методична похибка зазначеного перетворення і апаратні засоби для його реалізації. Причина виникнення методичної похибки пов'язана з нерівномірністю обертання шліфувального круга при змінах моменту навантаження на ньому, через що час повороту круга з верхньої опорної точки в нижню відрізняється від його часу руху з нижньої опорної точки в верхню. Перетворення зазначених відрізків часу в цифрові коди здійснюється прямокутними імпульсами, частота проходження яких як мінімум на три порядки вище частоти обертання шліфувального круга, завдяки чому похибка дискретизації зневажливо мала. У перехідних швидкісних режимах роботи шліфувального круга, викликаних змінами моменту навантаження, передбачається, що в межах одного обороту кола його прискорення постійно. Наведені в статті графіки показують, що з ростом кутового прискорення шліфувального круга методична похибка зростає і з ростом його початкової кутової швидкості – падає. При необхідності фазове запізнювання може бути змінено оператором шліфувального верстата шляхом установки в мікроконтролері відповідної величини тактової частоти при записі і зчитуванні цифрових кодів в процесі повороту круга з верхньої опорної точки в нижню і назад. Практично така ситуація може виникнути при установці шліфувальних кругів різного радіусу. Пов'язано це з тим, що при одній і тій же кутовій швидкості шліфувальні круги різного радіусу мають різну лінійну швидкість, що відбивається на продуктивності процесу в зоні обробки заготовки.

**Ключові слова:** шліфувальний круг, кутова швидкість, момент навантаження, фазове запізнення, прискорення, перетворення, цифровий код, методична похибка.

**Муковоз О. О., Шеремет О. І., Чепель Ю. А. Аналіз методів зняття залишкових напружень в металевих деталях // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Однією з найважливіших причин передчасної втрати необхідної точності, а в деяких випадках і працездатності машинами і приладами, є короблення базових деталей, що визначають взаємне переміщення різних вузлів машин у просторі, а також короблення тіл обертання. Змінення форми і розмірів литих і зварних деталей викликається залишковими внутрішніми напруженнями, що виникають в процесі нерівномірного їх охолодження, а також в процесі механічної обробки. Для зниження залишкових напружень в литих і зварних деталях з метою стабілізації їх геометричних розмірів застосовують термодформаційні і деформаційні методи. Найбільш поширеним в Україні і в інших країнах є метод відпалювання. Незалежно від причини появи залишкових напружень, відпалювання дозволяє знизити їх до деякого допустимого рівня або усунути. Проте цей метод має суттєві недоліки, серед яких значні витрати на будівництво печей для відпалювання, паливо і електроенергію; зниження межі міцності і межі текучості матеріалу деталі; циндроутворення і окислення; знеуглецювання; знеміцнення термооброблених сталей; підвищення крихкості через карбідоутворення. Одним найбільш перспективних методів зняття залишкових напружень є віброобробка. Цей метод позбавлений недоліків відпалювання, є неможливим до маси, форми і габаритів деталі, тому є одним з найбільш універсальних способів зниження залишкових напружень в литих і зварних деталях. Крім того, енерговитрати при віброобробці на порядок нижче, ніж при термообробці. В результаті проведеного в статті аналізу встановлено, що найбільш ефективно віброобробка проводити відразу на всіх резонансних частотах деталі з реалізацією режиму зміни дії вібрації услід за мінливими резонансними частотами, проте це вимагає спеціальної конструкції виконавчого органу електромеханічної системи, яка здійснює віброобробку.

**Ключові слова:** віброобробка, залишкові напруження, відпалювання, резонансна частота, пластична деформація.

**Ольховська О. Л., Решетняк Т. В., Юрченко О. В. Створення системи автоматизації процесу забезпечення станції швидкої медичної допомоги санітарного транспорту // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Стаття присвячена актуальній на сьогоднішній день проблеми оптимального розподілу санітарного транспорту для станції швидкої медичної допомоги. Станція швидкої медичної допомоги є медичним закладом, який подає цілодобову екстрену медичну допомогу дорослому і дитячому населенню на догоспітальному етапі при нещасних випадках і станах, що загрожують життю чи здоров'ю. Основна особливість швидкої медичної допомоги, що відрізняє її від інших видів медичної допомоги – швидкість дії. Небезпечний стан настає раптово, і потерпілий, як правило, виявляється далеко від людей, здатних надати професійну медичну допомогу, тому потрібно якомога швидше доставити медиків до пацієнта. Завдання розподілу транспорту для станції швидкої медичної допомоги є важливою ланкою. Велике число прикладних задач з різних областей знань (в тому числі і медицині) зводиться до оптимальних завдань. Оптимальна кількість транспорту може підвищити продуктивність праці, вплинути на надання своєчасної та якісної медичної допомоги. Розроблена система допомагає розрахувати такі показники як: кількість викликів в перебігу року, кількість викликів з госпіталізацією і без госпіталізації, середній час обслуговування одного хворого, сумарні витрати часу на обслуговування, розрахунок оптимальної кількості транспорту, введення статистики викликів. Даний функціонал автоматизованої системи забезпечення станції швидкої медичної допомоги санітарним транспортом допоможе скоротити час прибуття екіпажу швидкої медичної допомоги до місця виклику, оптимізувати роботу станцій швидкої медичної допомоги та забезпечити готовність медичних організацій до надання медичної допомоги при екстреній госпіталізації для надання своєчасної та якісної медичної допомоги.

**Ключові слова:** станція швидкої медичної допомоги, час обслуговування, санітарний транспорт, карти викликів, автоматизація, розподіл транспорту, інформаційна система, модель, моделювання, оптимальна кількість.

**Ширін І. К., Шеремет О. І., Івченков М. В. Огляд сучасних методів вібродіагностики підшипників та переваги застосування системи SIEMENS SIPLUS CMS для забезпечення раннього контролю пошкоджень // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Підшипник кочення є найбільш поширеним елементом конструкції будь-якого роторного механізму та, в той же час, найбільш вразливим елементом, який визначає працездатність і довговічність електромеханічної системи. Дефекти підшипників можуть призвести до виходу з ладу механічного вузла або машини в цілому, що в умовах серійного виробництва призводить до значних збитків для підприємства. Тому останнім часом з'являються системи раннього контролю виходу обладнання з ладу, такі, як SIEMENS SIPLUS CMS, що розглядається в статті і працює спільно з MindSphere (хмарна операційна система для промислового інтернету речей – IIoT) та відкриває абсолютно нові можливості. Потужна хмарна платформа призначена для аналізу великого обсягу даних і дозволяє контролювати парк машин по всьому світу з метою обслуговування, щоб скоротити час

їх простою. Методи вібродіагностики засновані на використанні частотних характеристик сигналу, вони зазвичай аналізують високочастотні ділянки і виконують пошук повторень даних ділянок. Методи, що використовують часові характеристики сигналу, часто вводять характеристичні параметри, наприклад такі, як піковий рівень, середньоквадратичне відхилення значень, підрахунок ударного імпульсу, ковзне середнє значення та інші параметри. Більшість із розроблених методів вібродіагностики є доступною у системі SIEMENS SIPLUS CMS, яка записує і аналізує механічні змінні, отримані з машин, інтегрує їх в предметну область автоматизації і надає допоміжні засоби для прийняття рішень обслуговуючому персоналу, операторам і керівництву. Відкрита архітектура системи SIEMENS SIPLUS CMS і ефективна взаємодія між усіма компонентами автоматизації дозволяють контролювати стан механічних компонентів на всіх рівнях.

**Ключові слова:** вібродіагностика, дефекти підшипників, система раннього контролю виходу обладнання з ладу, промисловий інтернет речей.

**Шеремет О. І., Шкаліков М. В., Чепель Ю. А. Синтез системи керування електроприводом постійного струму на базі дискретного часового еквайзера // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Можливості сучасної обчислювальної техніки дозволяють розв'язувати надскладні задачі діагностування, прогнозування, класифікації, виконувати експертні оцінки технічних об'єктів керування. Всі ці задачі розв'язуються програмним шляхом та не потребують розробки спеціального апаратного забезпечення. Процес завдання бажаних динамічних властивостей технічного об'єкта також можна реалізувати програмно, тобто таким чином, щоб більшість обчислювальної роботи виконувалась за допомогою програмного коду, який, не використовуючи теорію стандартних характеристичних поліномів, враховує базові динамічні особливості реального об'єкта керування та надає йому бажаних динамічних властивостей. Робота користувача при такому підході зводиться до мінімуму – він лише задає потрібну перехідну функцію графічним шляхом або у вигляді набору точок. При здійсненні синтезу автоматизованих електромеханічних систем методом дискретного часового еквайзера задаються не фіксовані положення коренів, а бажані перехідні функції, які не обираються з деякого переліку стандартних форм, а задаються виключно виходячи з технологічних вимог до електромеханічної системи і можливостей технічної реалізації на обраному виді обладнання. Для покращення можливостей технічної реалізації за допомогою програмних засобів, таку бажану перехідну функцію доцільно представляти у чисельній (дискретній) формі. В статті здійснюється синтез одноконтурної системи тиристорний перетворювач-двигун постійного струму без урахування зворотного зв'язку за електрорушійною силою двигуна на базі дискретного часового еквайзера. Встановлено, що збільшення кількості рівнів дискретизації та зменшення періоду квантування часового еквайзера призводить до скорочення інтегральної квадратичної похибки одержаної перехідної функції від бажаної. Крім того, частоти коливаль, які спостерігаються на перехідних функціях, збільшуються, а амплітуди коливаль – зменшуються.

**Ключові слова:** дискретний часовий еквайзер, електромеханічна система, електропривод постійного струму, синтез.

**Письменкова Т. О., Зіборов К. А. Інноваційні методи підготовки фахівців інженерного профілю // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

В роботі підіймаються актуальні питання змісту підготовки сучасного інженера-конструктора (механіка) в площині загальної та професійної складової освітніх програм. Проаналізовано існуючі та майбутні професії і вимоги до фахівця інженерного профілю в європейському просторі. Реалії, тенденції та прогнози дослідників вказують на найбільш престижні професії майбутнього, які утворюються на межі гуманітарного та технічних світів. Ключові компетентності фахівців в цих професіях відображають погляд зовнішніх замовників. Розглянуто професію промислового дизайнера, яка найбільш яскраво представляє злиття класичної інженерії та дизайну. Зроблений аналіз характеристик фахівця з промислового дизайну, прийнятий країнами ЄС, дозволив прийти висновку, що в професійній діяльності вимагаються не лише навички інженерної діяльності та естетичного сприйняття (чуття, бачення), а і комунікаційні, адміністративні, управлінські навички, робота з законодавчими актами, ведення документообігу та ін. Спираючись на проведений аналіз, класичну підготовку інженерів, враховуючи модернізовану нормативну та законодавчу базу, запропоновано інноваційні методи підготовки фахівців інженерного профілю. Цими методами передбачено кардинальне вирішення питання поліпшення інженерної підготовки – гармонізація її структури шляхом посилення гуманітарної компоненти під час підготовки інженерів. Наведено перелік навчальних елементів, які в сукупності покликані навчити здобувача при проектуванні ланцюжка життєвого циклу виробу врахувати його зв'язок з маркетингом, соціологією, психологією, менеджментом та мати професійні компетентності дослідницького характеру як ефективного засобу активізації креативних здібностей і формування професійних навичок.

**Ключові слова:** інженер-конструктор, промисловий дизайнер, ключові компетентності професії майбутнього, зміст підготовки, загальна та професійна складова освітньої програми.

**Подлесний С. В. Використання мультимедіа технологій в курсі біомеханіки // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

Статтю присвячено питанням інформатизації системи сучасної освіти та виявлення можливостей використання мультимедіа в навчальному процесі, зокрема – в курсі біомеханіки. У статті перераховані засоби інформаційних технологій і підкреслена роль спеціалізованих мультимедійних засобів, які використовуються в навчальному процесі. Автор приводить також перелік актуальних апаратних засобів, які найчастіше використовуються педагогами. Крім того, в статті визначені цілі використання мультимедіа як засіб навчання, виділені їх основні властивості. При цьому підкреслено, що серед зазначених властивостей інтерактивність розуміється як найбільш значуще, що дозволяє індивідуалізувати процес навчання і включити слухача в активну діяльність. Уточнюються також можливості мультимедійних засобів навчання, застосування яких, в свою чергу, сприяє підвищенню ефективності організації і оптимізації навчального процесу, зокрема використання декількох каналів чуттєвого сприйняття матеріалу дозволяє виробити і закріпити нові навички та вміння, отримані під час занять. Мультимедіа технології можуть бути використані для подання та обробки різного типу знань. Створюється нове інформаційне освітнє середовище, в якому визначальним стає інтеграція освітніх та інформаційних підходів до змісту освіти, методів і технологій навчання. Розглянуто також поняття «гіпертекст», «гіпермедіа», «віртуальна реальність», «технічні засоби відтворення мультимедіаматеріалів», охарактеризовано процес використання інтерактивної дошки як інноваційного навчального мультимедійного засобу.

**Ключові слова:** інформатизація, інформаційні технології, мультимедіа, мультимедійні технології, інтерактивність, інтерактивна дошка, гіпермедіа, віртуальна реальність.

**Мироненко Є. В., Гончаров О. А., Юнда А. М., Васильєва Л. В., Коваль С. В., Білоус Д. О. Дослідження теплового поля твердосплавних пластин з багат шаровим покриттям // Вісник ДДМА. – 2018. – № 2 (44).**

У даній роботі основна увага приділяється розрахунку теплових профілів в різці з багат шаровим покриттям і покриттям без шару. Виміряні дані і експеримент, представлені в цій роботі, дозволили провести детальний аналіз температури в інструменті під навантаженням. Для отримання фактичних даних були проведені стійкісні випробування токарних різців з твердосплавними різальними пластинами відомих фірм-виробників. Випробування припинялись при досягненні часу роботи різця, що дорівнює 15 хвилинам, або ж при досягненні критичного зносу різальної пластини. Побудована математична модель теплового поля методом скінченних елементів на прикладі ріжучого інструменту. Створено оригінальну програму для проведення чисельних розрахунків, елементи якої можуть бути використані для чисельного розрахунків при розв'язанні подібних завдань. Розрахунки показують, що покриття з низькою теплопровідністю служать в якості теплового екрана. Це, зокрема, призводить до більш високих температур на поверхні інструменту, в той час як температура в підкладці зменшена. Зменшення пластичної деформації в підкладці вважається важливим фактором більш тривалого терміну служби інструменту. Можна зробити висновок, що нова розроблена модель дозволяє не тільки докладне і кількісне дослідження покриття, але також забезпечує докладну фізичну температуру в інструменті. Дана робота дозволяє частково знизити витрати на проведення експериментальних досліджень при вивченні питання розподілу температури в ріжучому інструменті.

**Ключові слова:** механічна обробка, твердосплавні пластини, багат шарові покриття, умови процесу різання, теплове поле, конвективний теплообмін.

---

## АННОТАЦИИ

---

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Бондарев С. В., Менафова Ю. В. Проектирование автоматической технологической линии транспортировки материалов для процесса гидрофобизации // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Одним из требований к электродам для ручной дуговой сварки является соблюдение перед сваркой регламентированной по ГОСТ влажности покрытия, которая достигается предварительной высокотемпературной прокалкой в течение длительного промежутка времени. Это приводит к дополнительному расходу электроэнергии и существенному повышению себестоимости сварных конструкций. При проведении сварочных работ на открытом воздухе выполнение прокалики проблематично в силу специфики производственных условий. С целью получения влагостойких электродов, обеспечивающих стабильно высокие сварочно-технологические свойства при благоприятных гигиенических характеристиках независимо от условий и продолжительности хранения, была разработана специальная технология их производства. К процессу изготовления электродов в рамках действующей технологии вводится дополнительная технологическая операция гидрофобизация, которая происходит с помощью спроектированной установки. Сам процесс гидрофобизации заключается в обработке электродных покрытий влагостойкими композициями. С этой целью могут быть использованы композиции разных составов, например, полимерные композиции или растворы на основе кремнийорганических соединений и т. п. Были предприняты попытки гидрофобизации кремнийорганическими соединениями и электродных покрытий, которые также имеют пористую структуру. Для этой цели использовались продукты гидролиза этилсиликата (Тетраэтоксисилан) и гидрофобизирующие полиэтилен- и полиметилгидро-силоксановые жидкости ГКЖ-94 и ГКЖ-94г. Гигроскопичность электродов после обработки такими покрытиями значительно снижается. Полученные таким образом влагостойкие электроды подвергались технологическим испытаниям в производственных условиях. Результаты испытаний показали, что механические свойства и химический состав наплавленного металла не уступают свойствам металла, наплавленного обычными электродами, прошедшие предварительную прокалку при 350 °С в течение 2 часов. Таким образом, разработанная установка позволяет получить влагостойкие электроды с высокими сварочно-технологическими свойствами и устранить высокотемпературную обработку электродов перед их использованием, упростить условия хранения, упаковки и транспортировки готовых электродов.

**Ключевые слова:** ручная дуговая сварка, электрод, покрытия, гидрофобизация, производство, прокалка, композиция, механические свойства, производственные условия.

**Быковский О. Г., Лаптева А. Н., Пасько Н. П. Особенности формирования плазменного покрытия в зависимости от вида напыляемых материалов // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Представленная работа посвящена исследованию таких важных вопросов, как температура плазменного потока с металлическими частичками, его давление на основу, смачивание и растекание напыленного материала по поверхности, а также корректированию существующей технологии напыления на основе полученных результатов.

Измеряна температура и строение частиц распыленных материалов в виде токоведущих проволок и порошкообразных материалов с учетом одновременного воздействия плазменного потока.

Измеряна величина давления плазменной струи и его влияние на формирование покрытия. Исследован характер растекания капель жидкого сплава в зависимости от состояния поверхности основы. Установлена графическая зависимость влияния времени дробеструйной обработки на морфологию обрабатываемой поверхности и прочность сцепления плазменного покрытия с основой. Построена зависимость оптимального соотношения размеров капель и микрорельефа, которая обеспечивает наибольшую прочность покрытия, нанесенного токоведущей проволокой. Скорректирована существующая технология и техника напыления для улучшения работоспособности покрытий, полученных с использованием токоведущей проволоки.

**Ключевые слова:** плазменное напыление, токоведущая проволока, характер разрушения, прочность сцепления, калориметрирование, микрорельеф поверхности, смачиваемость поверхности.

**Власов А. Ф., Куший А. М. Высокопроизводительный способ изготовления стальных конструкций // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Повышение производительности ручной дуговой сварки (наплавки) и поиск новых видов сырья для их изготовления является одной из главных задач, стоящих перед разработчиками сварочных и наплавочных материалов. Одним из эффективных способов повышения производительности (коэффициента наплавки и часовой скорости плавления электродов) является введение в состав покрытия экзотермической смеси в виде оксидов



железа и алюминиевого порошка в количествах достаточных для её образования. Разработаны статистические модели, позволяющие определить оптимальное содержание экзотермической смеси и толщины покрытия электродов при минимальных потерях электродного металла при определении максимальных значений: коэффициента расплавления электрода  $\alpha_p$ , скорости плавления покрытия электрода  $V_{пок}$ , КПД нагрева электрода  $\eta_z$ , отношения теплот  $Q_{хим}/Q_z$ , оптимальных значений скорости плавления электрода  $V_{пл.з}$  и КПД нагрева изделия  $\eta_{из}$ . Приведены составляющие экспериментально определенного мгновенного теплового баланса плавления электродов с экзотермической смесью в покрытии. Механические свойства и химический состав металла швов, выполненных разными партиями разработанных электродов, показывают, что данные электроды полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 9467-75 к электродам типов Э46 (ЭТ-3), Э50А (ЭТ-2) и ЕЭ60 (ЭТ-4). Содержание газов в металле, наплавленном электродами с экзотермической смесью, близко к значениям, характерным для электродов с основным типом покрытия. Максимальное значение коэффициента расплавления электрода находится при содержании экзотермической смеси в пределах 40...55 % и коэффициенте массы покрытия 0,6...1,0. Оптимальное значение скорости плавления электрода находится при содержании экзотермической смеси в пределах 40...55 % и коэффициенте массы покрытия 0,4...0,8. Максимальное значение скорости плавления покрытия электрода находится при содержании экзотермической смеси в пределах 35...55 % и коэффициенте массы покрытия 0,6...0,65 и 0,9...1,0. Максимальное значение КПД нагрева электрода  $\eta_z$  находится при содержании экзотермической смеси в пределах 40...60 % и толщины покрытия электрода  $(0,9...1,4) \cdot 10^{-3}$  м.

**Вовк А. А., Бережный С. П., Капустян О. Е., Осипов М. Ю., Андрущенко М. И., Брыков М. Н. Износостойкость высокоуглеродистых сплавов в условиях гидроабразивного изнашивания // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В работе проведены натурные испытания стали 120Г3С2 после закалки от различных температур, а также металла, наплавленного экспериментальными электродами. Состав электродного покрытия обеспечивает получение наплавленного слоя, который по химическому составу и структуре идентичен наплавке порошковой проволокой ПП-АН170. Экспериментальные образцы  $75 \times 50 \times 5$  мм установлены рядом с эталонными (Ст3) в рабочем тракте пульпопровода земснаряда ГПП-15. Характерной особенностью изнашивания деталей рабочего тракта земснаряда является большой диапазон условий разрушения поверхностей, поскольку угол атаки гидроабразивных потоков может изменяться от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . При малых углах атаки разрушение происходит преимущественно за счет коррозии. Если углы атаки приближаются к критическим, разрушение происходит в режиме механического изнашивания. Образцы установлены ребрами навстречу гидроабразивному потоку, поэтому испытания происходили одновременно как в режиме коррозионного изнашивания (боковые поверхности), так и в режиме механического изнашивания (кромки образцов, которые разрушаются при больших углах атаки). Испытания проводили в период май-декабрь 2017 г.

В результате испытаний установлено, что коррозионный износ образцов закаленной стали 120Г3С2 до пяти раз выше, чем эталона из Ст3. Однако их сопротивляемость механической составляющей гидроабразивного изнашивания в среднем в пять раз выше. Поэтому массовый износ образцов стали 120Г3С2 и эталонных образцов оказался одинаковым. Массовый износ наплавленных образцов оказался втрое меньшим, чем эталонных. Это свидетельствует о большей стойкости наплавленного металла как к механической составляющей гидроабразивного изнашивания, так и к коррозионной.

**Ключевые слова:** гидроабразивное изнашивание, высокоуглеродистые стали, наплавка, механическое изнашивание, коррозия, износ, износостойкость.

**Гавриш П. А. Факторы, влияющие на образование дефектов сварки меди со сталью // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Цель работы – обобщить основные факторы, влияющие на качество сварных соединений меди со сталью, и предложить основные направления работы в области повышения качества, т. е. устранение дефектов сварки. Дефекты сварных соединений снижают работоспособность сварных деталей. Установлено, что при сварке сплавов на основе меди и сварке меди со сталью возможно образование трещин как в сварном шве, так и в зоне термического влияния. При большой толщине металла и многопроходной сварке наблюдаются два типа трещин. Трещины первого типа образуются в сварном шве при высокой температуре сварки, поверхность таких трещин темная со следами сильного окисления, а излом имеет межкристаллитный характер, такие трещины являются горячими кристаллизационными. Трещины второго типа образуются в зоне термического влияния. Их поверхность не окисленная совсем или немного окисленная. Как правило, такие трещины образуются в околошовной зоне на расстоянии 0,8...2,5 мм от границы сплавления. Для снижения возможности образования дефектов необходим комплексный подход к повышению качества сварки в направлениях: совершенствования термического состояния деталей при сварке, разработка современных электродных материалов, применение методов, снижающих возможность образования эвтектических прослоек. Важную роль на образование дефектов оказывают химические свойства меди и железа, большая разница в коэффициентах теплопроводности, температур плавления, низкая проницаемость меди в железо и железа в медь.

**Ключевые слова:** сварка меди со сталью, кристаллизационные трещины, горячие трещины, дефекты сварного шва.

**Гринь А. Г., Жариков С. В., Соцкий И. М. Повышение механических свойств рабочих поверхностей деталей машин через материал оболочки порошковой проволоки // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В работе рассмотрено влияние материала оболочки и ее состояния на качество наплавленного металла и сварочно-технологические свойства самозащитной порошковой проволоки (СПП). Приведены результаты исследования неметаллических включений в лентах марки 08кп, широко используемых для изготовления порошковой проволоки и экспериментальной термически улучшенной ленты 65Г. Исследованием установлено, что металл всех образцов загрязнен преимущественно мелкими сульфидными неметаллическими включениями неправильной и угловатой формы, а также пленочного типа. Установлено сужение размерного интервала в сторону уменьшения величины неметаллических включений в ленте с повышенным содержанием Mn и Si. Показано взаимосвязь загрязнения материала оболочки и наплавленного металла. Образуется доминирование включений меньших размеров в наплавленном металле по сравнению с исходными материалами, что объясняется высокой интенсивностью перемешивания металла и шлака в сварочной ванне, с последующим переходом неметаллических включений в шлаковую фазу.

Рассмотрено влияние шероховатости поверхности оболочки СПП на стабильность горения сварочной дуги, что в свою очередь отражается на качестве наплавленного металла. Показана взаимосвязь твердости металла оболочки после волочения СПП через волокна и шероховатости ее поверхности. Приведены профилограммы состояния поверхности проволок, осциллограммы тока и напряжения при наплавке исследуемыми материалами и коэффициенты пульсации параметров сварки в зависимости от величины шероховатости. Рассчитанные значения пульсации подтвердили предположение о влиянии состояния поверхности оболочки и ее материала на стабильность процесса наплавки. Данное явление связано со стабильностью контакта между токоподводящим мундштуком и проволокой, а также снижением механических сопротивлений проталкивания проволоки при его движении в зону дуги. Достигнуто расширение рабочего диапазона режимов наплавки проволокой с оболочкой из ленты 65Г, что объяснено более стабильной подачей проволоки в зону дуги, а также надежным контактом, который улучшается при снижении шероховатости поверхности проволоки.

**Ключевые слова:** самозащитная порошковая проволока, материал оболочки, неметаллические включения, шероховатость поверхности.

**Гринь А. Г., Трембач Б. А., Трембач И. А. Современные материалы для повышения износостойкости деталей машин наплавкой при гидроабразивном износе // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, что конкурентоспособность горно-обогатительных комбинатов и предприятий добывающих компаний зависит от срока службы быстроизнашиваемых деталей, стойкость которых определяется применяемыми материалами. Литературный обзор показал, что наибольшей износостойкостью обладают стали с прочной матрицей типа мартенсита или мартенсита с незначительным количеством аустенита с умеренным количеством упрочняющей фазы в виде очень твердых частиц компактной круглой формы.

Приведены примеры наплавочных самозащитных порошковых проволок (СПП) как отечественных, так и зарубежных производителей. По результатам обзора современных наплавочных материалов стойких к гидроабразивному износу можно выделить следующие группы сталей по содержанию углерода: 0,4–0,5 % С; 0,8–0,9 % С; 1,2–1,5 % С. В каждой группе могут быть идентифицированы подгруппы с различным содержанием хрома: 5–7 % Cr и 10–12 % Cr. Наплавочные материалы с высоким содержанием углерода характеризуются более высоким содержанием карбидных или карбоборидных образующих элементов. При разработке новых материалов для наплавки необходимо провести исследования сплавов с низким содержанием дорогих элементов, то есть незначительным содержанием углерода. Значительный интерес представляет исследование совместного влияния Cr, Ti, Nb с добавлением Cu или Al на коррозионную составляющую в условиях гидроабразивного износа, а также определение их соотношения, механических свойств и характеристик оксидной пленки.

**Ключевые слова:** наплавочные материалы, СПП, матрица, мартенсит, упрочняющая фаза, гидроабразивный износ.

**Кассов В. Д., Кабацкий А. В., Бережная Е. В., Малыгина С. В. Технологические особенности изготовления и наплавки с использованием порошковой проволоки сложной конструкции // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Целью настоящей работы является совершенствование технологии износостойкой наплавки порошковой проволокой сложной конструкции. Проволока предложенной конструкции изготавливается путем сворачивания трубки из стальной ленты с введением в нее легирующей шихты и сварочной проволоки, использование которой способствует увеличению жесткости и повышению качества наплавки тем, что заменяет железный порошок в порошковой проволоке. При этом капли электродного металла формируются на проволоке, что также приводит к полному расплавлению шихты, количество которой уменьшено на 10 % за счет исключения железного порошка. Введение проволоки также способствует уменьшению содержания в металле водорода и неметаллических включений, повышению производительности наплавки. Рассматриваемый вариант конструкции проволоки реализован при разработке технологии наплавки рабочих поверхностей деталей, работающих в условиях интенсивного износа. Процесс наплавки осуществлялся указанной проволокой диаметром 5 мм под

слоем флюса. Для повышения механических свойств металла и его стойкости против трещин осуществлялось модифицирование наплавленного металла магнием, который добавляли в виде магниево-алюминиевой лигатуры (в количестве 5–8 %) для предотвращения выгорания магния, а также для облегчения дробления и размола. Выбранная конструкция позволяет повысить качество, технологичность, производительность как при изготовлении проволоки, так и при выполнении наплавки. Применение порошковой проволоки выбранной конструкции и состава при наплавке износостойкой поверхности позволило получить наплавленный металл с благоприятной структурой, а также пониженным содержанием вредных примесей. Все это способствует повышению пластических свойств и ударной вязкости металла, стойкости к образованию горячих трещин. Повышается также жаропрочность металла за счет очистки границ зерен от легкоплавких вредных примесей серы, свинца, олова, окислов и других соединений. Испытания также показали, что исследуемые порошковые проволоки имеют также достаточно высокие сварочно-технологические характеристики: отличное формирование шва, хорошую отделимость шлаковой корки. Результаты исследований позволяют рекомендовать использование рассмотренной порошковой проволоки на производстве при наплавке рабочих поверхностей изношенных деталей.

**Ключевые слова:** износостойкая наплавка, порошковая проволока сложной конструкции, шихта, флюс, модифицирование наплавленного металла, магний.

**Куций А. М. Совершенствование материалов для ремонта деталей машин из низколегированных и среднеуглеродистых сталей // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Рассмотрены методики получения из спека алюмината натрия, имеющего удовлетворительные значения вязкости и каустического модуля, выяснено влияние времени выщелачивания и концентрации едкого натра в исходном растворе на переход в жидкую фазу из спека кремния, алюминия и щелочи, а также на значение вязкости, плотности и каустического модуля раствора; для улучшения связующих свойств алюмината рассмотрено возможность введения в раствор декстрина или крахмала, с целью повышения вязкости алюмината при его постоянной плотности. Связующее, полученное из алюмината натрия и крахмала, характеризуется меньшими значениями вязкости по сравнению с исходным алюминатом при одинаковой плотности в обоих случаях, хотя обычно при введении крахмала в щелочной раствор и его кипячении, вязкость последнего возрастает. Исследование структуры образцов проводили косвенным методом, путем изучения особенностей их строения на отпечатках (репликах), снятых с поверхности затвердевшего при высушивании связующего. Определено, что кипячение алюмината с крахмалом позволяет получать связующее с высокими значениями плотности и пониженными значениями вязкости, по сравнению с исходным алюминатом, что обеспечивает удовлетворительные условия опрессовки и необходимую прочность покрытий, но при изготовлении электродов, содержащих в покрытии окалину, использование указанного связующего ухудшает процесс их изготовления по сравнению с вариантом использования жидкого стекла, поэтому для устранения указанных недостатков процесса изготовления электродов с окалиной в покрытии, в состав последнего вводился хлормagneзиальный цемент. Изготовленные таким способом электроды, характеризуются высокой механической прочностью покрытия, выдерживают испытания, вспухание покрытий при этом не выявлено.

**Ключевые слова:** электродное покрытие, алюминат натрия, связующее, высокопроизводительные электроды, сварка.

**Лаврова Е. В., Мех К. О. Моделирование тепловых процессов при сварке и наплавке с управляемым переносом электродного металла // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Представлено моделирование формирования сварочной ванны при воздействии импульсов тока дуги и при ее поперечных колебаниях.

В предлагаемом способе сварки и наплавки определены факторы, влияющие на формирование поверхности расплава сварочной ванны под действием сил гравитации без применения управляемого переноса электродного металла и инерционной силы, и с применением управляемого переноса электродного металла, а также электродинамического давления дуги, которым противостоит капиллярное давление (силы поверхностного натяжения) и внутреннее давление в расплаве, обеспечивающее постоянство объема жидкого металла при вариациях формы поверхности.

Установлено, что перенос металла зависит от соотношения сил, приложенных к капле на торце электрода. Величины этих сил можно регулировать химическим составом покрытия, коэффициентом массы покрытия, режимом сварки, тем самым влияя на размеры капель с целью улучшения технологических свойств электродов. При использовании механических колебаний с целью контролируемого тепломассопереноса с торца электрода в сварочную ванну, появляется новая инерционная сила, которая зависит от массы капли и ускорения движения торца электрода, меняющегося в процессе наплавки. Для сравнения двух рассчитанных сумм сил без применения принудительного переноса и суммы сил с управляемым переносом, введен коэффициент  $K(t)$ , который показывает влияние силы инерции, полученной от принудительного механического переноса электродного металла на каплю жидкого металла.

Определено влияние инерционной силы на баланс сил, действующей на каплю электродного металла. Сумма сил с учетом силы инерции превышает сумму сил без нее практически в 2 раза.

Установлено, что посредством регулирования размерных конструктивных параметров рассматриваемого устройства и скорости вращения возбудителя колебаний, можно получить многократное увеличение силы отрыва капель расплавленного электрода по сравнению с обычными устройствами подачи. За счет этого достигается контролируемая регулярность перехода капель жидкого металла в сварочную ванну, повышение качества наплавленного металла и уменьшение вероятности и появления дефектов типа несплавлений. Полученные результаты рекомендованы к использованию в дальнейших исследованиях.

**Ключевые слова:** контролируемый перенос электродного металла, тепловые процессы, инерционная сила.

**Лещинский Л. К., Матвиенко В. Н. Особенности технологии наплавки многослойных износостойких композиций с пластичным подслоем // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, что возможность повышения термостойкости многослойных износостойких композиций с пластичным подслоем согласуется с ранее исследованной повышенной трещиностойкостью многослойных композиций с пластичными слоями. Одним из способов повышения термоусталостной стойкости наплавленных изделий является использование пластичного подслоя из низкоуглеродистой низколегированной стали и из хромоникелевой аустенитной стали. Вместе с тем, реализация такой возможности зависит от обеспечения требуемого состава подслоя, что определяется степенью его разбавления основным металлом, с одной стороны, и рабочим слоем – с другой. Приведены результаты исследований, показывающие, что расчётные значения размеров зоны проплавления при наплавке ленточным электродом зависят от температуры плавления и коэффициента теплопроводности основного металла. Поэтому глубина и площадь проплавления хромоникелевой стали аустенитного класса 12X18H9T на 20...25 % превышают эти показатели для основного металла из низкоуглеродистой низколегированной стали Ст.3. Чтобы предотвратить такое увеличение размеров зоны проплавления аустенитного подслоя, предложен дифференцированный подход к выбору величины погонной энергии наплавки, исходя из соотношения температуры плавления низкоуглеродистой стали по сравнению с хромоникелевой сталью. При одинаковой температуре плавления материалов рабочего слоя и подслоя погонная энергия наплавки наружного слоя должна соответствовать номинальной. При наплавке подслоя на основной металл величина погонной энергии может быть одинаковой или ниже погонной энергии наплавки рабочего слоя. Если температура плавления материала подслоя ниже температуры плавления материала рабочего слоя, величина погонной энергии наплавки рабочего слоя должна быть ниже номинальной. Предложена эмпирическая зависимость для определения величины погонной энергии наплавки рабочего слоя и подслоя многослойной композиции.

**Ключевые слова:** многослойная композиция, пластичный подслой, наплавка, ленточный электрод, погонная энергия, дифференцированный подход.

**Макаренко Н. А., Куликов В. П. Решение проблемы упрочнения и восстановления изделий типа «шток» // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, что в мировой промышленности, как и в промышленности Украины, в последние годы все чаще стали применяться биметаллические изделия. Для получения биметаллических изделий, таких как штоки, судовая арматура, направляющие подшипников, пары трения, применяются медные сплавы, которые наносятся на стали различных структурных классов. Установлено, что наиболее распространенным способом получения таких соединений является наплавка. Дан критический анализ наиболее распространенных способов восстановительной и упрочнительной наплавки, использующихся при получении биметаллических изделий (ручной дуговой, наплавки под слоем флюса и плазменной сварки с аксиальной подачей плавящегося электрода). Доказано, что наиболее эффективным способом получения соединений «сталь-медные сплавы» являются плазменные процессы. Указано, что по сравнению с наплавкой под флюсом (не говоря уже о ручной дуговой наплавке) плазменный процесс нанесения покрытий позволяет получить значительно меньшую глубину проплавления материала изделия, что впоследствии обеспечивает отсутствие трещин в изделии. Намечены пути и осуществлен поиск новых путей уменьшения доли основного металла в наплавленном. Исследования были направлены на усовершенствование способа плазменной наплавки, в результате которых разработана установка для импульсного плазменного процесса наплавки на основе генератора униполярных импульсов с емкостными накопителями энергии и с определенной частотой следования импульсов. Проводили сравнительную наплавку образцов, полученных автоматической сваркой под слоем флюса бронзы типа МНЖ5-1 на сталь 20 и наплавку образцов, полученных с помощью импульсной плазма-МИГ наплавки с использованием тех же материалов. Были проведены металлографические исследования наплавленных образцов, которые показали, что разработанная установка импульсной плазма-МИГ наплавки позволяет получить наплавленный металл без включений структурно-свободного железа, т. к. практически отсутствует процесс расплавления основного металла (стали), при этом процесс максимально приближен к эффекту «пайко-сварка» (такое строение металла наплавки, свободного от железистых составляющих, и определяет его физико-химические и механические свойства). Намечены пути дальнейших исследований и определена целесообразность их проведения.

**Ключевые слова:** ручная дуговая наплавка, наплавка под флюсом, наплавка плазменной струей, плазменная наплавка плавящимся электродом, наплавка цветных сплавов, глубина проплавления, доля основного металла, генератор униполярных импульсов, пятно дуги, катодная очистка.

**Размышляев А. Д., Агеева М. В., Остапенко Е. Л., Адылин А. Н. Новая методика определения магнитных свойств материалов, применяемых при дуговой сварке // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, что используемая методика для определения магнитных свойств сварочных материалов и, в частности, магнитной проницаемости, отличается значительной сложностью. В этой методике используется образец из исследуемого материала в виде тора, на котором размещены первичная и вторичная обмотки. Первичная цепь (обмотка) запитывается переменным током частотой 50 Гц. В первичной цепи содержатся амперметр и вольтметр, а также ваттметр, позволяющий учитывать потери в образце на гистерезис и токи Фуко. Во вторичной цепи имеется также вольтметр. Получаемые при этом значения магнитной проницаемости представляются как ее амплитудное значение для исследуемого материала в переменном магнитном поле частотой 50 Гц.

В предлагаемой методике также используется образец из исследуемого материала в виде тора. На торе размещена одна обмотка и имеется один амперметр в цепи этой обмотки. В обмотке пропускается постоянный ток, а в прорези тора измеряется величина индукции магнитного поля. На основе теоремы о циркуляции вектора напряженности магнитного поля получено расчетное выражение для магнитной проницаемости. Для экспериментов требуется меньше измерительных приборов, а в расчетах не требуется учитывать потери на гистерезис и токи Фуко.

Установлено, что полученные для образцов из сталей ВМСтЗсп и 09Г2С значения магнитной проницаемости согласуются с ранее полученными результатами. Значения магнитной проницаемости при данной величине напряженности поля, полученные по предлагаемой методике, несколько меньше, что объясняется тем, что в ранее известной работе определены амплитудные значения магнитной проницаемости (при частоте 50 Гц). Методика расчетно-экспериментального определения магнитной проницаемости сварочных материалов позволяет получить достоверные результаты и рекомендуется к использованию в дальнейших исследованиях.

**Ключевые слова:** сварочные материалы, магнитная проницаемость, тор, индукция магнитного поля, напряженность поля.

**Размышляев А. Д., Агеева М. В. Влияние поперечного магнитного поля на геометрию валиков при восстановлении изделий // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В работе показано, что при наплавке с воздействием поперечного магнитного поля (ПОМП) на проплавление основного металла влияла только поперечная компонента индукции, и все наблюдавшиеся эффекты обусловлены воздействием только этой компоненты магнитного поля.

Эксперименты по определению влияния ПОМП на геометрические характеристики валика выполняли с использованием проволоки и пластины из немагнитных материалов, что и обеспечило воздействие на сварочную дугу и жидкий металл ванны только поперечной компоненты индукции ПОМП. Немагнитные материалы не искажают строение ПОМП в зоне сварочной дуги и жидкого металла ванны, в то время как ферромагнитные изделия и проволока существенно влияют на строение ПОМП. Наплавку выполняли на обратной полярности при воздействии постоянного ПОМП, а также переменного ПОМП и расположении стержней устройства ввода (УВ) ПОМП поперек и вдоль оси валика.

Показано, что при продольном размещении стержней УВ ПОМП относительно оси валика постоянное ПОМП приводит к боковому смещению оси валика, поэтому при таком варианте размещения стержней УВ ПОМП следует применять только переменное ПОМП. Однако переменное ПОМП частотой до 1 Гц дает волнистое поперечное перемещение оси валика за счет поперечного перемещения дуги, и для устранения этого недостатка необходимо использовать ПОМП частотой от 2 Гц и выше, поскольку из-за инерционности жидкого металла ванны последний не мог перемещаться и повлиять на геометрические параметры валика.

Установлено, что воздействие постоянного ПОМП, а также знакопеременного частотой 2, 6 и 50 Гц ПОМП позволяет в широких пределах регулировать глубину проплавления и ширину валика, как при продольном, так и поперечном расположении стержней УВ ПОМП относительно оси валика.

**Ключевые слова:** дуговая наплавка, поперечное и продольное магнитные поля, индукция, геометрические характеристики валика.

**Размышляев А. Д., Агеева М. В. О слоистости кристаллизации металла шва при дуговой сварке и оптимальных параметрах управляющих магнитных полей // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Обзором литературных данных показано, что публикации, начиная с 1947 г., посвящены исследованию процессов кристаллизации металла ванны при электродуговой сварке под флюсом. Установлено, что скорость кристаллизации металла ванны меняется периодически и в структуре швов наблюдаются кристаллизационные слои, толщина которых измеряется долями миллиметра. Показано, что в слоях наблюдается химическая неоднородность, они состоят из трех характерных участков. В более поздних исследованиях установлены размеры (в сечении) этих слоев и частота кристаллизации швов. Однако эти данные относятся к процессу сварки неплавящимся электродом некоторых металлов и сплавов толщиной 1...3,5 мм. Высказано положение о том, что для измельчения зерна при кристаллизации швов с внешними воздействиями необходимо, чтобы частота внешних воздействий совпадала с собственной частотой кристаллизации швов. Чтобы проверить применимость этой концепции к процессу автоматической электродуговой сварки под флюсом необходимо экспериментально

определить отсутствующие достоверные данные о собственной частоте кристаллизации швов для режимов, характерных для этого процесса сварки. Рассмотрение особенностей формирования кристаллизационных слоев в сварном шве является важным при назначении оптимальных параметров (частоты и индукции) управляющих магнитных полей при дуговой сварке для измельчения размеров структурных составляющих швов и уменьшения их химической неоднородности.

Высказано предположение о возможности измельчения структурных составляющих металла шва при дуговой сварке с воздействием знакопеременных магнитных полей из-за более быстрого перемещения жидкого металла из головной части ванны в хвостовую ее часть, чем это установлено ранее при физическом моделировании процесса с воздействием постоянных магнитных полей.

**Ключевые слова:** кристаллизация, слой, дуговая сварка, внешние магнитные поля, индукция.

**Размышляев А. Д., Агеева М. В. Использование законов электростатики для моделирования распределения индукции управляющего поперечного магнитного поля в головной части сварочной ванны // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В настоящее время нет простых методик для расчета компонент индукции в зоне сварочной ванны, которые генерируют устройства ввода (УВ) поперечного магнитного поля (ПОМП) при дуговой сварке и наплавке. Известные расчетные методики, пригодные для этих целей, характеризуются чрезмерной сложностью. Для изучения распределения индукции ПОМП в головной части сварочной ванны (у поверхности основного металла) предложено использовать известное положение о том, что между строением магнитостатического и электростатического полей имеется аналогия. Индукция ( $B$ ) и напряженность электростатического поля ( $E$ ), генерируемые соответственно электромагнитами и заряженными телами, в определенной точке окружающего пространства складываются как векторы. На этой основе предложена методика, позволяющая рассчитать распределение поперечной и продольной компонент индукции магнитного поля, генерируемого УВ ПОМП, в головной части ванны у поверхности свариваемой пластины из немагнитных материалов. При этом используются известные уравнения электростатики. Данные показали, что оптимальным является угол наклона стержней УВ ПОМП в пределах  $0...45^\circ$  по отношению к вертикали. Торцы стержней УВ ПОМП должны быть параллельны поверхности свариваемой пластины. Для оценки характера распределенности напряженности поля  $E$  необходимо выражать в относительных единицах. В этом случае распределение компоненты поля электростатического будет совпадать с распределенностью компонент индукции поля магнитного, генерируемого реальной конструкцией УВ ПОМП. Показано, что предложенный метод обеспечивает удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных данных и может быть использован для оптимизации конструкции УВ ПОМП, чтобы обеспечить максимальные значения поперечной компоненты индукции в головной части сварочной ванны при неизменной величине намагничивающей силы обмоток на стержнях этого УВ.

**Ключевые слова:** дуговая сварка, поперечное магнитное поле, устройство ввода, индукция, расчетная методика.

**Дорохов М. Ю., Вовненко А. Е. Совершенствование конструкции механизма главного подъема литейного крана, предотвращающее падение груза при обрыве каната // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В работе предложено новое конструктивное решение актуальной научно-технической задачи по повышению безопасности работы литейного крана при выполнении операций по транспортировке ковша с жидким металлом. Изменения в конструкции касаются модернизации полиспаста механизма главного подъема, в котором обычно используется уравновешивающих балансир. При использовании такого балансира, в случае обрыва каната происходит резкое падение груза. Так как балансир применяется на литейном кране, на него и на прикрепленный к нему канат влияет высокая температура, возможно попадание капель жидкого металла, а также малая ширина самого балансира может привести к сильному перегибу каната, обрыву одного из канатов, а также может повлечь за собой и обрыв каната, что остался. Для повышения надежности крана предложена новая конструкция полиспаста и схемы запасовки каната. Это достигается интеграцией в конструкцию полиспаста с уравновешивающего устройства в виде барабана, выполняющего роль уравнительного элемента, который также предотвращает падение груза при обрыве каната. При использовании уравнительного барабана ожидается равнозамедленное падение груза при обрыве каната. Это в свою очередь уменьшит динамические нагрузки на металлоконструкцию крана. Уравнительный барабан позволит существенно сократить амплитуду горизонтального отклонения конечного положения груза по сравнению с балансиром. Предыдущие просчеты дают основание говорить о возможности уменьшения амплитуды раскачивания в 2–3 раза.

**Ключевые слова:** литейный кран, полиспаст, траверса, уравновешивающий барабан.

**Кулиев В. В., Сердюк А. А. Усовершенствование алгоритма управления процессом загрузки угля в шаровую барабанную мельницу // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В работе проведен анализ проблемы, связанной с недостаточной производительностью процессов подготовки угольной пыли на теплоэлектростанциях. При подготовке пыли используются шаровые барабанные мельницы, которые имеют несовершенные, а в большинстве случаев ручные системы управления. Основными функциями системы управления мельниц являются поддержание температурного режима для обеспечения

сушильной способности горячего воздуха, подаваемого в барабан, а также управление питателем сырого угля. Исследователями установлено, что максимальная производительность мельницы достигается при определённом уровне загрузки мельницы, который составляет 80–95 % максимально возможного уровня. Но для контроля загрузки мельницы в системах управления используются косвенные показатели, такие как перепад давления в барабане, уровень виброускорений барабана при работе, температура пылевоздушной смеси на выходе, которые характеризуют только частные явления процессов и не позволяют получить более определённую информацию. Поэтому в данной работе предложен новый подход для уменьшения информационной энтропии, суть которого состоит в объединении информации нескольких показателей процесса в один обобщённый показатель. Для реализации этого подхода использована известная функция Харрингтона, которая позволяет обобщить несравнимые между собой показатели и представить их геометрическую сумму в виде безразмерного показателя желательности для результата управления. Благодаря такому преобразованию обобщённый показатель становится более информативным. Уместно также отметить значительное сокращение алгоритма анализа контролируемых параметров для выработки управляющего воздействия. Разработанный в работе алгоритм управления отличается от существующих простотой и большей достоверностью результатов анализа, что позволяет обеспечить более высокую точность управления уровнем загрузки барабана.

**Ключевые слова:** шаровая барабанная мельница, алгоритм управления, повышение производительности, функция желательности.

**Франчук В. П., Зиборов К. А. О максимальной тяговой способности однотележного шахтного локомотива при постоянном движении на прямолинейном участке пути // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Для математической модели однотележного шахтного локомотива определена максимальная тяговая способность при установившемся движении на прямолинейном участке рельсового пути с учетом геометрического несовершенства его выходных звеньев. Получены зависимости для определения максимального значения силы тяги, реализуемой одним колесом, одной осью, суммарное тяговое усилие однотележного шахтного локомотива. Определена суммарная величина бокового давления ребрами колес шахтного локомотива на головку рельса  $Q_y$  для случая расположения колес с изношенным профилем бандажа по одну сторону экипажной части. Сформулированы рекомендации по величине предельной нормы износа (проката) бандажей колес колесных пар на одну сторону (не более 5 %) для реализации максимальной силы тяги при заданной скорости движения тележки. Получены графики изменения величины максимального тягового усилия при различном радиусе колес и различной скорости движения однотележного шахтного локомотива, определяющие скорость движения локомотива, при которой он может реализовать максимальное тяговое усилие. Установленная функциональная связь между кинематическими и силовым параметром позволяет не только определить максимальную тяговую способность шахтного локомотива, но и исследовать его динамическое поведение, а также прогнозировать эксплуатационные показатели взаимодействия системы «транспортное средство – внешняя среда».

**Ключевые слова:** математическая модель, однотележный шахтный локомотив, установившееся движение, максимальное тяговое усилие.

**Шевченко В. А., Чаплыгина А. М. Влияние неустановившегося движения землеройно-транспортных машин на показатели качества выполняемой работы // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В процессе выполнения технологических операций землеройно-транспортные машины испытывают сложный режим нагружения. Процесс разработки рабочей среды сопровождается действием на рабочее оборудование переменных во времени сопротивлений. В ситуациях блокирования рабочих органов, которые сопровождаются интенсивным торможением машины, нагрузки на рабочее оборудование носят ударный характер и могут значительно превысить средний уровень обычных нагрузок. Подобное нагружение может привести к отклонению машины от запланированной траектории движения.

Одним из показателей курсовой устойчивости землеройно-транспортных машин является параметр, который характеризует качество выполненной работы. В частности, для машин, выполняющих возведение земляных насыпей, одним из важных параметров является показатели курсовой устойчивости, характеризующие отклонения реальной траектории движения рабочего органа от запланированного. В случаях, если траектория движения землеройно-транспортных машин существенно отклоняется от проектной, возникает необходимость выполнить дополнительные проходы, что неизбежно приводит к падению производительности и повышению энергоёмкости технологического процесса.

Разработанная динамическая модель движения автогрейдера позволяет учесть воздействие динамических нагрузок на форму траектории ее движения и выработать рекомендации по стабилизации показателей ее курсовой устойчивости. При выполнении технологических операций траектория движения автогрейдера математически может быть описана с помощью двух динамических моделей: плоского движения машины в плоскости опорной поверхности и вращательного движения относительно точки блокировки отвала.

**Ключевые слова:** землеройно-транспортная машина (ЗТМ), автогрейдер, показатели курсовой устойчивости, динамическое нагружение, траектория движения.

**Герасименко А. В., Марков О. Е., Хващинский А. С., Житников Р. Ю., Рагулина Н. В. Тепловое состояние кузнечного слитка новой формы для поковок ответственного назначения // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Цель исследований – повышение качества кузнечных слитков для изготовления крупных поковок высокого качества. Для решения поставленных задач моделировался процесс кристаллизации укороченных слитков с направленной кристаллизацией. Для этого была разработана новая конструкция изложницы и форма укороченного кузнечного слитка с направленной кристаллизацией. Такие слитки позволяют изменить направление роста кристаллов расплава. Для исследования была разработана методика моделирования. Исследование производилось с использованием МКЭ. В результате конечно-элементного моделирования установлено, что тепловой центр кристаллизации слитка локализуется в верхней части слитка при обеспечении направленной кристаллизации снизу вверх. Направленная кристаллизация исключает теплоотвод в радиальном направлении, что способствует уменьшению образования осевой рыхлости и уменьшению глубины усадочной раковины, которая составляет 5...7 % от высоты слитка. Большая часть объёма слитка кристаллизуется с постоянной разностью температур, не превышающей допустимых значений, которые могут привести к образованию внутренних разрывов. Максимальную температуру в процессе кристаллизации укороченного слитка с направленным теплоотводом имеет верхняя область слитка, а минимальную температуру – его донная часть. Снижение отвода тепла за счет теплоизоляции верхней и боковой поверхности слитка компенсируется интенсивным отводом тепла на поддон. В результате не происходит увеличение продолжительности кристаллизации в сравнении с временем кристаллизации обычного кузнечного слитка такой же массы.

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

**Кинденко Н. И. Механизм изнашивания и работоспособность инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали и упрочненного методом ОИМП // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Настоящая работа посвящена исследованию вопросов, связанных с повышением эксплуатационных свойств инструментов из быстрорежущих сталей путем магнитно-импульсной обработки, представляющей собой сочетание электромагнитного и термодинамического способов управления неравновесной структурой вещества. Проведен анализ механизма изнашивания быстрорежущих сталей, обработанных в импульсных магнитных полях. Показано, что эффективность способа магнитной обработки зависит от целого ряда факторов, относящихся как к условиям воздействия на инструмент магнитным полем (характер магнитного поля, его напряженность и время выдержки инструмента в индукторе), так и к условиям, в которых этот инструмент эксплуатируется (режимы резания, магнитное состояние инструмента и др.). Установлен вполне определённый диапазон значений напряженности магнитного поля, обработка в котором заметно улучшает эксплуатационные свойства режущего инструмента из быстрорежущей стали. Отмечено, что первопричиной улучшения эксплуатационных характеристик инструмента, подвергнутого магнитной обработке, является изменение свойств инструментального материала, которое происходит за счет магнитоотрицательного упрочнения быстрорежущей стали. Установлено, что для устойчивого проявления эффекта магнитной обработки инструмента необходимо в каждом конкретном случае учитывать значение напряженности магнитного поля, время выдержки инструмента в рабочем индукторе и время старения инструмента после магнитной обработки.

**Ключевые слова:** магнитная обработка, напряжение, напряженность магнитного поля, магнитоотрицательное упрочнение, быстрорежущая сталь, магнитно-дисперсионное твердение, изнашивание.

**Корчак Е. С., Беленец Е. Е. Развитие методов увеличения ресурса безотказной работы базовых узлов гидравлических прессов // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Целью работы является создание методов увеличения ресурса безотказной работы базовых узлов гидравлических прессов на основе исследования их триботехнических свойств с последующей разработкой соответствующих мероприятий для уменьшения износа силовых гидроцилиндров, направляющих подвижной поперечины и колонн. Для разработки мероприятий по увеличению ресурса безотказной работы необходимо базовые узлы рассматривать не отдельно друг от друга, а применять системный подход, который предполагает учет их взаимодействия и взаимного влияния при промышленной эксплуатации. Для предотвращения неравномерности износа поверхностей сопряжения силовых гидроцилиндров, направляющих подвижной поперечины и колонн необходимо устранять эксцентричное нагружение пресса и системой его автоматического управления противодействовать отклонению направляющих колонн от геометрической оси. На ресурс безотказной работы базовых узлов гидравлических прессов влияют перекосы подвижной поперечины под действием эксцентричного приложения технологической нагрузки, изгиб верхней неподвижной поперечины вследствие защемления концов направляющих колонн, деформации, обусловленные изменением неподвижной поперечины и способом опоры плунжеров рабочих цилиндров на подвижную поперечину. Выполнение радиуса закругления галтелей рабочих цилиндров величинами меньше, чем допустимые, приводит к появлению в них ярко выраженных зон концентрации напряжений, а углубление галтелей в внутрь корпуса более, чем на допустимое значение, усиливает развитие усталостных трещин. Наибольшая интенсивность кавитационного износа наблюдается в начальные моменты впрыскивания рабочей жидкости под давлением во внутреннюю полость рабочего цилиндра,



когда перепад давлений и скорость жидкости на участке перехода отверстия во внутреннюю полость корпуса максимальны. Для увеличения ресурса безотказной работы рабочих цилиндров необходимо обеспечить рациональное проектирование элементов гидропривода при сохранении заданных уровней давления в гидросистеме.

**Ключевые слова:** пресс гидравлический, цилиндр силовой, жидкость рабочая, износ, колонна, поперечина подвижная, давление, кавитация.

**Кулинич А. А. Математические модели влияния параметров структуры на механические свойства сплава АМг11 // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Цель работы – установить степень влияния средних размеров зерна и дендритной ячейки на уровень механических свойств промышленного сплава АМг11 и построить математические модели зависимости уровня механических свойств сплава от характеристик структуры.

Экспериментально исследована взаимосвязь между размером зерна и дендритной ячейки и уровнем механических свойств промышленного сплава АМг11. Построены математические модели зависимости уровня механических свойств сплава от заданных параметров структуры. На основе анализа построенных математических моделей установлена степень влияния среднего размера зерна и дендритной ячейки на уровень механических свойств промышленного сплава АМг11.

В характерном для сплава АМг11 диапазоне изменений характеристик структуры, зависимости между уровнем механических свойств и размерами основных характеристик структуры удовлетворительно описываются линейной функцией, кроме зависимости между пределом текучести и размером зерна. Эта зависимость описывается уравнением типа Холла-Пэтча. Установлено, что изменение размеров макро- и микроструктуры промышленного сплава АМг11 особенно существенно влияет на повышение уровня относительного удлинения.

**Ключевые слова:** структура, механические свойства, зерно, дендритная ячейка, математическая модель.

**Пыц Я. Е., Пыц Е. Я. Влияние сил трения и смазки на крутящий момент и температуру трубчатых заготовок при ротационной обкатке // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показано, что обработка материалов в машиностроении в настоящее время развивается в направлениях, связанных с повышением производительности, качества и эффективности производства, экономией материальных и энергетических ресурсов, повышением качества выпускаемых изделий и полуфабрикатов, сокращением себестоимости производства. К прогрессивным ресурсосберегающим способам обработки металлов давлением относят технологию ротационной обкатки полых изделий фрикционным инструментом. Эта технология применяется при производстве деталей и полуфабрикатов типа полых корпусов фильтров и гидроцилиндров, баллонов, роликов ленточных конвейеров и других осесимметричных деталей. Установлено, что процесс ротационной обкатки в ряде случаев может конкурировать с ковкой, объемной и листовой штамповкой. Дан критический анализ влияния сил трения, в том числе наличия и эффективности смазки, на крутящий момент и температуру нагрева при ротационной обкатке трубчатых заготовок. Доказано, что при наличии смазки крутящий момент возрастает, что приводит к уменьшению величины работы, затрачиваемой на преодоление сил трения, и, как следствие, уменьшению величины генерируемого тепла в заготовке. Это приводит к снижению температуры деформируемой части заготовки и увеличению машинного времени на обработку.

**Ключевые слова:** фрикционный инструмент трения, ротационная обкатка, локализация очага деформирования, нагрев за счет трения, момент трения, крутящий момент, тепловое состояние деформируемого участка трубы, генерация тепла за счет внутреннего трения, потери тепла при ротационной обкатке.

**Ковалёв В. Д., Мельник М. С., Васильченко Я. В., Саенко М. А. Оптимизация процесса тяжелого точения с применением систем адаптивного управления // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Показана актуальность применения адаптивного управления при обработке деталей на тяжелых токарных станках с ЧПУ, разработка и реализация законов управления режимами обработки на тяжелом токарном станке, а именно управления подачей для регулирования силы резания с помощью PLC модулей. Применение адаптивных систем на станках с ЧПУ и многооперационных станках позволяет создавать самонастраивающиеся технологические системы, обеспечивающие достижение требуемой точности и заданной производительности при обработке каждой новой детали. В качестве параметра регулирования выбрана скорость продольной подачи резца. Приведен закон управления продольной подачи резца в зависимости от значения силы резания. Разработана схема, которая предназначена для автоматического поддержания заданного значения усилия резания при продольном точении на тяжелых токарных станках с целью получения максимальной продуктивности обработки при исключении перегрузок режущего инструмента. Данная система производит измерения силы в зоне резания и на основании этого корректирует управляемые параметры процесса резания (подачу) для достижения оптимального значения. В качестве устройства принятия решений, использовалось специальное программное обеспечение – стойка HeidenhainMANUALplus 620 со встроенным PLC модулем, позволяющим реализовать законы управления режимами обработки на тяжелом токарном станке. Разработан алгоритм работы системы адаптивного оптимального управления процессом продольного точения путем изменения скорости подачи в зависимости от силы резания.

**Ключевые слова:** адаптивное управление, PLC модули, оптимальные режимы резания, ЧПУ, алгоритм.

**Ковалевская Е. С., Ковалевский С. В. Аппаратное и программное обеспечение мобильности реконфигурируемых производственных систем // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В статье изложены принципы построения мобильных модульных систем управления мобильными интеллектуальными технологическими машинами с механизмами параллельной структуры для реконфигурируемых производств. Авторами разработан метод идентификации положения, кинематических и динамических параметров механизмов с кинематикой параллельной структуре, из которых состоят мобильные станки-роботы. Как информативный источник диагностического сигнала, используется амплитудно-частотная характеристика собственных колебаний объекта в акустическом диапазоне. Возбуждение конструкции реконфигурируемого оборудования происходит маломощным акустическим сигналом с распределением сигналов одинаковой амплитуды. Для исследований использован алгоритм быстрого вычисления дискретного преобразования Фурье с помощью FFT-анализатора. Даны предложения по аппаратному и программному обеспечению использования идентификационных моделей на базе свертывающих нейронных сетей и глубоких вычислений. Показана перспективность применения одноплатных мини-компьютеров Raspberry pi3 b + в связке с процессорами Mega 2560 с библиотеками NumPy, SciPy, Theano и Keras. Оценка спектральной плотности проводится по известной реализации  $XP(t)$  сигнала путем формирования из нее дискретной последовательности  $x(n)$  и обработки этой последовательности в соответствии с заданным квантованием. Разработан размерный ряд элементов реконфигурируемой производственной системы на базе мобильных станков с параллельной кинематикой и интеллектуальных систем управления, что позволяет поддерживать машиноремонтный кластер на базе реконфигурируемых производств. Предложена концепция, которая может быть использовано как рыночный товар в виде гаммы мобильных станков с интеллектуальным управлением для различных производств.

**Ключевые слова:** нейронные сети, мобильные станки, параллельная структура.

**Мельник М. С. Система адаптивного управления для компенсации упругих деформаций расточных инструментов на тяжелых токарных станках // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Расточные резцы и оправки вследствие конструктивных особенностей имеют жесткость значительно меньше жесткости резцов других типов. Это негативно сказывается на точности обработки. Много работ различных авторов посвящено теме борьбы с автоколебаниями нежестких расточных резцов, но проблема влияния упругих деформаций резца на точность изделия остается актуальной. В статье предложено два варианта системы автоматической компенсации упругих деформаций расточных инструментов средствами системы ЧПУ с дополнительными средствами измерения и программным обеспечением. В первом варианте расчет компенсации производится на основании известной жесткости инструмента и измеренной силы резания. Сила резания измеряется косвенным методом через ток двигателя подачи. Для точного измерения силы резания этим способом привод подачи совершает осцилляции малой амплитуды около заданной координаты, а ток двигателя измеряется дважды за период осцилляции при движении привода в противоположных направлениях. Сила резания рассчитывается путем умножения на постоянный коэффициент разности токов двигателя подачи при движении в противоположных направлениях. Это позволяет исключить влияние сил трения в приводе на точность измерения сил резания. Во втором варианте предложено конструкцию расточного резца со встроенным датчиком упругого перемещения. В качестве измерительного преобразователя используются индуктивные датчики расстояния, включенные в мостовую измерительную цепь переменного тока. Далее сигнал датчика обрабатывается специальной электронной схемой и вводится в систему ЧПУ в качестве размерной коррекции. Также предложено три способа введения сигнала коррекции в систему ЧПУ в зависимости от ее модели. Второй вариант более сложен, но способен обеспечить лучший результат по точности и качеству поверхности, поскольку не требует осцилляции привода подачи и содержит меньше информационных звеньев от измерения до введения коррекции.

**Ключевые слова:** расточной резец, растачивание, измерение, сила резания, компенсация.

**Родичев Ю. М., Шабета А. А., Сорока Е. Б., Ковалев В. Д., Васильченко Я. В. Влияние скорости ударного нагружения на стойкость и повреждаемость защитного стекла // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Разработана методика испытаний пулестойкости защитного стекла с учетом стандартных требований и особенностей баллистического поражения стрелковым оружием калибра 7,62 мм пулями БЗ и БЗ2 в реальных условиях нападения. Скорость пули значительно меньше, чем предусмотрено стандартом ДСТУ 4546: 2006. Методика частично учитывает требования стандарта STANAG 4569 для испытаний малоразмерных прозрачных бронированных блоков. В натурных условиях испытан макет системы бронирования. Макет состоит из четырех прозрачных блоков. Блоки существенно меньше, чем по ГОСТ 4546: 2006. Размеры блоков 300 × 300 мм. Блоки изготовлены по автоклавной технологии и имеют толщину 42 мм, соответствуют классу пулестойкости СКЗ. Система прозрачного бронирования комбинированного протипулевого обрамления представляет собой раму из конструкционной стали (сталь 45 толщиной 16 мм) с системой соединений и креплений и резиновыми прокладками. Рама усилена на лицевой поверхности накладкой из гомогенной броневой стали Milux Protection 500. С целью учета реальных условий увеличено расстояние стрельбы до 100 м, места поражения несут случайный характер, моделирующий условия реального нападения с применением стрелкового оружия. Показано, что при нагрузке пуль БЗ2 уменьшение скорости ударника приводит к уменьшению зоны интенсивного разрушения на лицевой поверхности стекла, отсутствию выпучивания на тыльной поверхности стекла, уменьшению глубины проникновения пуль и увеличение количества поражений без сквозного пробития. Получено, что

качественное защитное стекло классов устойчивости СК3 ... СК4 в условиях уменьшения скорости нагрузки выдерживает нагрузки пулями БЗ и БЗ2 и превышает нормируемые требования для такого типа стекла. Такая скорость соответствует увеличенным дистанциям боевого столкновения. Учет полученных результатов дает возможность оптимизировать структуру защитного остекления для уменьшения толщины блоков, повышения оптической прозрачности и уменьшения веса систем прозрачного бронирования.

**Ключевые слова:** защитное стекло, скорость ударного нагружения, стойкость, повреждаемость, натурные испытания.

**Тулупов В. І., Онищук С. Г. Исследование влияния режимов электроимпульсного выглаживания с модифицированием на качество поверхности детали // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В указанной работе выполнен анализ методов упрочнения рабочих поверхностей деталей машин. Метод упрочнения поверхностей деталей машин, работающих в условиях знакопеременных нагрузок, а также трения и изнашивания, который исследован в работе, состоит в нанесении покрытия в виде твердой смазки с последующим выглаживанием с одновременным использованием импульсного тока. В результате образуется дискретная структура поверхности в виде упрочненных фрагментов. Расположение упрочненных фрагментов зависит от частоты и длительности импульсов тока, а также режимов выглаживания. Модификатором является дисульфид молибдена, имеющий низкий коэффициент трения, сохраняющийся при высоких температурах и нагрузке. Исследования выполнялось с использованием генератора импульсного тока. Материал образцов сталь 40ХН. Материал индентора – твердый сплав Т15К6. Выглаживатель изолируется от резцедержателя. Получена математическая модель зависимости шероховатости поверхности от технологических факторов – продольной подачи, силы тока, силы прижима индентора. Адекватность модели определена по критериям Кохрена и Стьюдента. Микроструктурный анализ показал, что микротвердость поверхностного слоя в пределах 3,5...7,7 ГПа при исходной микротвердости 2...2,12 ГПа. Упрочненный слой, расположенный на глубине от 0,03 до 0,15 мм, имел наибольшую твердость, равную 6,0...7,7 ГПа в зависимости от режимов обработки. Общая глубина упрочненного слоя 0,25...0,3 мм. Определена микроструктура исследованных образцов с помощью металлографического микроскопа «Неофот-30». Результатом электроимпульсного выглаживания с модифицированием является наличие мелкодисперсной структуры глубиной до 0,3 мм. Спектральный анализ показывает наличие молибдена в поверхностном слое исследованного образца, что свидетельствует о локальном модифицировании после электроимпульсного выглаживания.

**Ключевые слова:** упрочнение, дискретная структура, дисульфид молибдена, электроимпульсное выглаживание, шероховатость, импульсный ток, модифицирование.

**Абрамская И. Б., Еникеев А. Ф., Захаренков Д. Ю. Анализ метрологических характеристик аппаратных средств для измерений параметров частотно-модулированного сигнала // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Недостатком известных аппаратных средств для измерений параметров частотно-модулированного сигнала скорости вращения являются неудовлетворительные метрологические характеристики. Глубина модуляции этого сигнала не превышает 0,05 %, поэтому процесс измерения флуктуаций достаточно сложный и требует разработки аппаратных средств, которые имеют малый интервал неопределенности вокруг номинальной характеристики преобразования. Установлены составляющие ошибки первичного преобразователя сигнала мгновенной скорости вращения коленчатого вала и с использованием методов теории ошибок выполнен их анализ. Сигнал флуктуаций скорости вращения представлен ограниченным рядом Фурье. Исследована ошибка восстановления аналогового сигнала по дискретным отсчетам и получен график ее поведения в зависимости от количества интервалов дискретизации. Так же установлено, что определяющей составляющей суммарной ошибки первичного преобразователя есть наличие кинематической ошибки его изготовления. Предложен метод измерений сигнала флуктуаций, который позволил уменьшить влияние кинематической ошибки. На основе этого метода построено информационно-измерительное устройство. С использованием информационного подхода теории ошибок исследованы метрологические характеристики устройства. У результате статистической обработки экспериментальных данных, которые представляют собой ряд измерений с многократными наблюдениями, построена гистограмма разброса, установлены параметры и закон распределения ошибки. Установлено, что энтропийный интервал неопределенности вокруг номинальной характеристики преобразования информационно-измерительного устройства удовлетворяет требованиям по точности измерений сигналов флуктуаций скорости вращения коленчатого вала.

**Ключевые слова:** частотно-модулированный сигнал, флуктуации, ошибка, метод измерений, информационно-измерительное устройство, номинальная характеристика преобразования, информационный подход, энтропийный интервал.

**Борисенко А. Н., Борисенко Е. А., Крикуненко Е. Н. Синтез модели и анализ методической погрешности формирования фазового запаздывания при шлифовании деталей // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Рассматривается математическая модель преобразования угловой скорости и момента нагрузки шлифовального круга в фазовое запаздывание, необходимое для повышения качества процесса обработки заготовки, методическая погрешность указанного преобразования и аппаратные средства для его реализации. Причина возникновения методической погрешности связана с неравномерностью вращения шлифовального круга при изменениях момента нагрузки на нем, из-за чего время поворота круга из верхней опорной точки в нижнюю

отличается от его времени движения из нижней опорной точки в верхнюю. Преобразование указанных отрезков времени в цифровые коды осуществляется прямоугольными импульсами, частота следования которых как минимум на три порядка выше частоты вращения шлифовального круга, благодаря чему погрешность дискретизации пренебрежительно мала. В переходных скоростных режимах работы шлифовального круга, вызванных изменениями момента нагрузки, предполагается, что в пределах одного оборота круга его ускорение постоянно. Приведенные в статье графики показывают, что с ростом углового ускорения шлифовального круга методическая погрешность растет и с ростом его начальной угловой скорости – падает. При необходимости фазовое запаздывание может быть изменено оператором шлифовального станка путем установки в микроконтроллере соответствующей величины тактовой частоты при записи и считывании цифровых кодов в процессе поворота круга из верхней опорной точки в нижнюю и обратно. Практически такая ситуация может возникнуть при установке шлифовальных кругов различного радиуса. Связано это с тем, что при одной и той же угловой скорости шлифовальные круги различного радиуса имеют различную линейную скорость, что отражается на производительности процесса в зоне обработки заготовки.

**Ключевые слова:** шлифовальный круг, угловая скорость, момент нагрузки, фазовое запаздывание, ускорение, преобразование, цифровой код, методическая погрешность.

**Муковоз А. А., Шеремет А. И., Чепель Ю. А. Анализ методов снятия остаточных напряжений в металлических деталях // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Одной из важнейших причин преждевременной потери необходимой точности, а в некоторых случаях и работоспособности машинами и приборами, являются деформации базовых деталей, определяющих взаимное перемещение различных узлов машин в пространстве, а также деформации тел вращения. Изменение формы и размеров литых и сварных деталей вызывается остаточными внутренними напряжениями, возникающими в процессе неравномерного их охлаждения, а также в процессе механической обработки. Для снижения остаточных напряжений в литых и сварных деталях с целью стабилизации их геометрических размеров применяют термомодеформационные и деформационные методы. Наиболее распространенным в Украине и в других странах является метод отжига. Независимо от причины появления остаточных напряжений, отжиг позволяет снизить их до некоторого допустимого уровня или устранить. Однако этот метод имеет существенные недостатки, среди которых значительные затраты на строительство печей для отжига, топливо и электроэнергию; снижение предела прочности и предела текучести материала детали; окалинообразование и окисление; обезуглероживание; разупрочнение термообработанных сталей; повышение хрупкости из-за карбидообразования. Одним наиболее перспективных методов снятия остаточных напряжений является виброобработка. Этот метод лишен недостатков отжига, нетребователен к массе, форме и габаритам детали, поэтому является одним из самых универсальных способов снижения остаточных напряжений в литых и сварных деталях. Кроме того, энергозатраты при виброобработке на порядок ниже, чем при термообработке. В результате проведенного в статье анализа установлено, что наиболее эффективно производить виброобработку сразу на всех резонансных частотах детали с реализацией режима изменения воздействия вибрации в соответствии с меняющимися резонансными частотами, однако это требует специальной конструкции исполнительного органа электромеханической системы, осуществляющей виброобработку.

**Ключевые слова:** виброобработка, остаточные напряжения, отжиг, резонансная частота, пластическая деформация.

**Ольховская О. Л., Решетняк Т. В., Юрченко А. В. Создание системы автоматизации процесса обеспечения станции скорой медицинской помощи санитарного транспорта // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме оптимального распределения санитарного транспорта для станции скорой медицинской помощи. Станция скорой медицинской помощи является медицинским учреждением, которое подает круглосуточную экстренную медицинскую помощь взрослому и детскому населению на догоспитальном этапе при несчастных случаях и состояниях, угрожающих жизни или здоровью. Основная особенность скорой медицинской помощи, что отличает ее от других видов медицинской помощи – быстрота действия. Опасное состояние наступает внезапно, и потерпевший, как правило, оказывается вдали от людей, способных оказать профессиональную медицинскую помощь, поэтому нужно как можно быстрее доставить медиков к пациенту. Задача распределения транспорта для станции скорой медицинской помощи является важным звеном. Большое число прикладных задач из различных областей знаний (в том числе и медицине) сводится к оптимальным задачам. Оптимальное количество транспорта может повысить производительность труда, повлиять на предоставление своевременной и качественной медицинской помощи. Разработанная система помогает рассчитать такие показатели как: количество вызовов в течение года, количество вызовов с госпитализацией и без госпитализации, среднее время обслуживания одного больного, суммарные затраты времени на обслуживание, расчет оптимального количества транспорта, введение статистики вызовов. Данный функционал автоматизированной системы обеспечения станции скорой медицинской помощи санитарным транспортом поможет сократить время прибытия экипажа скорой медицинской помощи к месту вызова, оптимизировать работу станций скорой медицинской помощи и обеспечить готовность медицинских организаций к оказанию медицинской помощи при экстренной госпитализации для оказания своевременной и качественной медицинской помощи.

**Ключевые слова:** станция скорой медицинской помощи, время обслуживания, санитарный транспорт, карты вызовов, автоматизация, распределение транспорта, информационная система, модель, моделирование, оптимальное количество.

**Ширин И. К., Шеремет А. И., Ивченков Н. В. Обзор современных методов вибродиагностики подшипников и преимущества применения системы SIEMENS SIPLUS CMS для обеспечения раннего контроля повреждений // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Подшипник качения является наиболее распространенным элементом конструкции любого роторного механизма и, в то же время, наиболее уязвимым элементом, который определяет работоспособность и долговечность электромеханической системы. Дефекты подшипников могут привести к выходу из строя механического узла или машины в целом, что в условиях серийного производства приводит к значительным убыткам для предприятия. Поэтому в последнее время появляются системы раннего контроля выхода оборудования из строя, такие, как SIEMENS SIPLUS CMS, рассматриваемая в статье и работающая совместно с MindSphere (облачная операционная система для промышленного интернета вещей – IIoT) и открывающая совершенно новые возможности. Мощная облачная платформа предназначена для анализа большого объема данных и позволяет контролировать парк машин по всему миру с целью обслуживания, чтобы сократить время их простоя. Методы вибродиагностики основаны на использовании частотных характеристик сигнала, они обычно анализируют высокочастотные участки и выполняют поиск повторений данных участков. Методы, использующие временные характеристики сигнала, часто вводят характерные параметры, например такие, как пиковый уровень, среднее отклонение значений, подсчет ударного импульса, скользящее среднее значение и другие параметры. Большинство из разработанных методов вибродиагностики доступно в системе SIEMENS SIPLUS CMS, которая записывает и анализирует механические переменные, полученные из машин, интегрирует их в предметную область автоматизации и предоставляет вспомогательные средства для принятия решений обслуживающему персоналу, операторам и руководству. Открытая архитектура системы SIEMENS SIPLUS CMS и эффективное взаимодействие между всеми компонентами автоматизации позволяют контролировать состояние механических компонентов на всех уровнях.

**Ключевые слова:** вибродиагностика, дефекты подшипников, система раннего контроля выхода оборудования из строя, промышленный интернет вещей.

**Шеремет А. И., Шкалик М. В., Чепель Ю. А. Синтез системы управления электроприводом постоянного тока на базе дискретного временного эквалайзера // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Возможности современной вычислительной техники позволяют решать самые сложные задачи диагностики, прогнозирования, классификации, выполнять экспертные оценки технических объектов управления. Все эти задачи решаются программным путем и не требуют разработки специального аппаратного обеспечения. Процесс задания желаемых динамических свойств технического объекта можно реализовать программно, то есть таким образом, чтобы большинство вычислительной работы выполнялась с помощью программного кода, который, не используя теорию стандартных характеристических полиномов, учитывает базовые динамические особенности реального объекта управления и обеспечивает ему желаемые динамические свойства. Работа пользователя при таком подходе сводится к минимуму – он лишь задает нужную переходную функцию графическим путем или в виде набора точек. При осуществлении синтеза автоматизированных электромеханических систем методом дискретного временного эквалайзера задаются не фиксированные положения корней, а желаемые переходные функции, которые не выбираются из некоторого перечня стандартных форм, а задаются исключительно исходя из технологических требований к электромеханической системе и возможностей технической реализации на выбранном виде оборудования. Для улучшения возможностей технической реализации с помощью программных средств, желаемую переходную функцию целесообразно представлять в численной (дискретной) форме. В статье осуществляется синтез одноконтурной системы тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока без учета обратной связи по электродвижущей силе двигателя на базе дискретного временного эквалайзера. Установлено, что увеличение количества уровней дискретизации и уменьшение периода квантования временного эквалайзера приводит к сокращению интегральной квадратичной ошибки полученной переходной функции от желаемой. Кроме того, частоты колебаний, наблюдаемых на переходных функциях, увеличиваются, а амплитуды колебаний – уменьшаются.

**Ключевые слова:** дискретный временной эквалайзер, электромеханическая система, электропривод постоянного тока, синтез.

**Письменкова Т. А., Зиборов К. А. Инновационные методы подготовки специалистов инженерного профиля // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В работе поднимаются актуальные вопросы содержания подготовки современного инженера-конструктора (механика) в плоскости общей и профессиональной составляющей образовательных программ. Проанализированы существующие и будущие профессии и требования к специалисту инженерного профиля в европейском пространстве. Реалии, тенденции и прогнозы исследователей указывают на наиболее престижные профессии будущего, которые образуются на границе гуманитарного и технических миров. Ключевые

компетентности специалистов в этих профессиях отражают взгляд внешних заказчиков. Рассмотрена профессия промышленного дизайнера, которая наиболее ярко представляет слияние классической инженерии и дизайна. Сделанный анализ характеристик специалиста по промышленному дизайну, принятый странами ЕС, позволил прийти к выводу, что в профессиональной деятельности требуются не только навыки инженерной деятельности и эстетического восприятия (чувств, видение), а и коммуникационные, административные, управленческие навыки, работа с законодательными актами, ведения документооборота и др. Опираясь на проведенный анализ, классическую подготовку инженеров, учитывая модернизированную нормативную и законодательную базу, предложены инновационные методы подготовки специалистов инженерного профиля. Этими методами предусмотрено кардинальное решение вопроса улучшения инженерной подготовки – гармонизация ее структуры путем усиления гуманитарной компоненты при подготовке инженеров. Приведен перечень учебных элементов, которые в совокупности призваны научить соискателя при проектировании цепочки жизненного цикла изделия учесть его связь с маркетингом, социологией, психологией, менеджментом и иметь профессиональные компетентности исследовательского характера как эффективного средства активизации креативных способностей и формирования профессиональных навыков.

**Ключевые слова:** инженер-конструктор, промышленный дизайнер, ключевые компетентности профессии будущего, содержание подготовки, общая и профессиональная составляющая образовательной программы.

**Подлесный С. В. Использование мультимедиа технологий в курсе биомеханики // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

Статья посвящена вопросам информатизации системы современного образования и выявлению возможностей использования мультимедиа в учебном процессе, в частности – в курсе биомеханики. В статье перечислены средства информационных технологий и подчеркнута роль специализированных мультимедийных средств, используемых в учебном процессе. Автор приводит также перечень актуальных аппаратных средств, которые чаще всего используются педагогами. Кроме того, в статье определены цели использования мультимедиа как средства обучения, выделены их основные свойства. При этом подчеркнуто, что среди свойств интерактивность понимается как наиболее значимое, что позволяет индивидуализировать процесс обучения и включить слушателя в активную деятельность. Уточняются также возможности мультимедийных средств обучения, применение которых, в свою очередь, способствует повышению эффективности организации и оптимизации учебного процесса, в том числе использование нескольких каналов чувственного восприятия материала позволяет выработать и закрепить новые навыки и умения, полученные на занятиях. Мультимедиа технологии могут быть использованы для представления и обработки различного типа знаний. Создается новая информационная образовательная среда, в которой определяющим становится интеграция образовательных и информационных подходов к содержанию образования, методов и технологий обучения. Рассмотрены также понятия «гипертекст», «гипермедиа», «виртуальная реальность», «технические средства воспроизведения мультимедиа материалов», охарактеризован процесс использования интерактивной доски как инновационного учебного мультимедийного средства.

**Ключевые слова:** информатизация, информационные технологии, мультимедиа, мультимедийные технологии, интерактивность, интерактивная доска, гипермедиа, виртуальная реальность.

**Мироненко Е. В., Гончаров А. А., Юнда А. Н., Васильева Л. В., Коваль С. В., Белоус Д. А. Исследование теплового поля твердосплавных пластин с многослойным покрытием // Вестник ДГМА. – 2018. – № 2 (44).**

В данной работе основное внимание уделяется расчету тепловых профилей в резце с многослойным покрытием и покрытием без слоя. Измеренные данные и опыт, представленные в этой работе, позволили провести детальный анализ температуры в инструменте под нагрузкой. Для получения фактических данных были проведены прочностные испытания токарных резцов с твердосплавными режущими пластинами известных фирм-производителей. Испытания прекращались при достижении времени работы резца, равной 15 минутам, или при достижении критического износа режущей пластины. Построена математическая модель теплового поля методом конечных элементов на примере режущего инструмента. Создано приложение для проведения численных расчетов, элементы которого могут быть использованы для численных расчетов при решении подобных задач. Расчеты показывают, что покрытия с низкой теплопроводностью служат в качестве теплового экрана. Это, в частности, приводит к более высоким температурам на поверхности инструмента, в то время как температура в подложке уменьшена. Уменьшение пластической деформации в подложке считается важным фактором более длительного срока службы инструмента. Можно сделать вывод, что новая разработанная модель позволяет сделать не только подробное и количественное исследование покрытия, но также обеспечивает подробную физическую температуру в инструменте. Данная работа позволяет частично снизить затраты на проведение экспериментальных исследований при изучении вопроса распределения температуры в режущем инструменте.

**Ключевые слова:** механическая обработка, твердосплавные пластины, многослойные покрытия, условия процесса резания, тепловое поле, конвективный теплообмен.

---

## ABSTRACTS

---

**Bondarev S. V., Menafova Yu. V. Designing an automatic technological line for the transportation of materials for the process of hydrophobization // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

One of the requirements for electrodes for manual arc welding is the compliance before welding of the moisture-regulated coating, which is achieved by preliminary high-temperature baking for a long period of time. This leads to an additional consumption of electricity and a significant increase in the cost of welded structures. When conducting welding operations in the open air, calcination is problematic due to the specific operating conditions. In order to obtain moisture-proof electrodes that provide stably high welding-technological properties with favorable hygienic characteristics, regardless of the conditions and duration of storage, a special technology for their production was developed. To the process of manufacturing electrodes within the framework of the existing technology, an additional technological operation, hydrophobization, is introduced, which occurs with the help of a designed installation. The process of hydrophobization itself consists in the treatment of electrode coatings with moisture-resistant compositions. For this purpose, compositions of different compositions can be used, for example, polymer compositions or solutions based on organo-silicon compounds and the like. Attempts have been made to hydrophobize silicone compounds and electrode coatings, which also have a porous structure. For this purpose, the products of hydrolysis of ethylsilicate (Tetraethoxysilane) and hydrophobizing polyethylene- and polymethylhydro-siloxane fluids of GKZh-94 and GKZh-94g were used for this purpose. Hygroscopicity of electrodes after treatment with such coatings is significantly reduced. The moisture-proof electrodes obtained in this way were subjected to technological tests in production conditions. The results of the tests showed that the mechanical properties and chemical composition of the weld metal are not inferior to the properties of the metal welded by conventional electrodes that passed the preliminary calcination at 350 ° C for 2 hours. Thus, the developed plant allows obtaining moisture-resistant electrodes with high welding-technological properties and eliminating high-temperature processing of electrodes before their use, simplifying the conditions for storage, packaging and transportation of finished electrodes.

**Keywords:** manual arc welding, electrode, coatings, hydrophobization, production, calcination, composition, mechanical properties, production conditions.

**Bykovskiy O. G., Lapteva G. M., Pasko N. P. Features of the formation of plasma coating, depending on the type of deposited materials // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The thesis is devoted to research important issues such as the temperature of the plasma jet of metal particles, the pressure on its substrate wetting and spreading of the sprayed material on the substrate, and correcting existing technology coating on the basis of the results.

Measured temperature and particle structure sputtered materials in the form of live wires and powder considering the simultaneous influence of plasma flow. Measured value pressure plasma jets and its influence on the formation of the coating. The nature of the spreading of drops of liquid alloy depending on the substrate surface. The graphic dependence of the influence of shot blasting time on the morphology of the treated surface and the strength of the adhesion of the plasma coating to the substrate are established. The dependence of the optimal ratio of the droplet size and the micro relief is constructed, which ensures the greatest strength of the coating applied by the current-carrying wire. Adjusted existing technology and equipment to improve deposition efficiency coatings obtained using live wire.

**Keywords:** plasma spraying, current wire, fracture, adhesion, calorimetry, microrelief of surface, wetting the surface.

**Vlasov A. F., Kushchiy A. M. High-performance method manufacturing of steel constructions // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

Increasing the productivity of manual arc welding (welding) and finding new types of raw materials for their production is one of the main tasks facing the developers of welding and surfacing materials. One of the effective ways to increase productivity (deposition rate and hourly melting rate of electrodes) is the exothermic mixture adding in the form of iron oxides and aluminum powder into the coating composition in quantities sufficient for its formation. Statistical models have been developed that make it possible to determine the optimum content of the exothermic mixture and the thickness of the coating of the electrodes with minimal losses of the electrode metal in determining the maximum values: the electrode meltdown coefficient  $\alpha_p$ , the electrode coating melting rate, the efficiency of the electrode heating  $\eta_e$ , the  $Q_n/Q_e$  heat ratio, the optimum melting point of the electrode  $V_e$ , and the efficiency heating of the product. The components of the experimentally determined instantaneous thermal balance of the melting of the electrodes with the exothermic mixture in the coating are given. The mechanical properties and chemical composition of the weld metal performed by different batches of developed electrodes show that these electrodes completely satisfy the requirements of GOST 9467-75 to electrodes of the types E46 (ET-3), E50A (ET-2) and EE60 (ET-4). The content of gases in the metal deposited by the electrodes with the exothermic mixture is close to the values typical for electrodes with the basic type of coating. The maximum value of the electrode melting coefficient is at an exothermic mixture content in the range of 40...55 % and a coating mass ratio of 0.6 ... 1.0. The optimum value of the melting rate of the electrode is at an

exothermic mixture content in the range of 40...55 % and a coating mass ratio of 0.4 ... 0.8. The maximum melting point of the electrode coating is at the content of the exothermic mixture in the range of 35...55 % and the coating mass ratio is 0.6...0.65 and 0.9...1.0. The maximum value of efficiency heating of the electrode  $\eta_e$  is at the content of the exothermic mixture in the range 40 ... 60 % and the electrode coating thickness  $(0.9...1.4) \cdot 10^{-3}$  m.

**Keywords:** manual arc welding, productivity, electrode coating, surfacing coefficient.

**Vovk A. A., Berezhnyy S. P., Kapustian A. E., Osipov M. Ju., Andrushchenko M. I., Brykov M. N. Wear resistance of high-carbon alloys under hydroabrasive wear conditions // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The hydroabrasive wear tests in natural working environment were carried out for 120Mn3Si2 steel after quenching from various temperatures, as well as for metal deposited by experimental electrodes. The composition of the electrode coating provides a welded layer, which is identical in chemical composition and structure to the surfacing obtained by the III-AH170 powder wire. Experimental samples of 75x50x5 mm are installed near the reference (Ст3) in the working path of the slurry pipeline of the ГПП-15 dredger. A characteristic feature of wear of the details of the working path of the dredger is a large range of conditions for the destruction of surfaces, since the angle of attack of the hydroabrasive flows can vary from 0° to 90°. At small angles of attack, fracture occurs mainly due to corrosion. If the angles of attack approach the critical one then failure occurs in the mode of mechanical wear. Samples were installed by the ribs against the hydroabrasive flow, so the tests occurred simultaneously both in the mode of corrosive wear (lateral surfaces) and in the mode of mechanical wear (edges of samples that wear at large angles of attack). Tests were conducted in the period May-December 2017.

As a result of the tests, it was found that the corrosive wear of hardened steel samples of 120Mn3Si2 is five times higher than that of Ст3. However, their resistance to a mechanical component of hydroabrasive wear is on average five times higher. Therefore, the mass wear of the samples of steel 120Mn3Si2 and the reference samples was the same. The mass wear of the welded samples was three times less than the standard ones. This shows that the weld metal is more resistant to both the mechanical component of hydroabrasive wear and to corrosion.

**Keywords:** hydroabrasive wear, high-carbon steels, surfacing, mechanical wear, corrosion, wear, wear resistance.

**Gavrish P. A. The factors influencing formation defects of the welding copper with steel // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

Work purpose: to generalize the major factors influencing quality welded compounds of copper with steel and offer the directions promoting improvement of quality, elimination of defects. Offers have to be directed to decrease in amount of defects.

Defects of welded connections reduce operability of welded details. It is established that when welding alloys on the basis of copper and welding of copper with steel formation of cracks, both in a welded seam, and in a zone of thermal influence is possible. At a big thickness of metal and multipass welding two types of cracks are observed. Cracks of the first type are formed in a welded seam to high temperature of welding, a surface of such cracks dark with traces of strong oxidation, and the break has intercrystalline character, such cracks are hot crystallizational. Cracks of the second type, are formed in a zone of thermal influence. Their surface which isn't oxidized absolutely or a little oxidized. As a rule, such cracks are formed in a zone close to a seam at distance 0,8... 2,5 mm from alloyage border.

An integrated approach to improvement of quality welding in the directions is necessary for decrease in a possibility of formation of the defects: improvement of the thermal condition for details, developing modern electrode materials, application of the methods reducing formations of the eutectic layers.

The important role on formation of defects is rendered by chemical properties of copper and iron, a big difference in coefficients of heat conductivity, melting temperatures, low permeability of copper in iron and gland in copper.

**Keywords:** welding copper with steel, crystallizational cracks, hot crack, defects of a welded seam.

**Grin A. G., Zharikov S. V., Sotsky I. M. Improvement of mechanical properties of working surfaces of machine parts through the material of a powder coil shell // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The influence of the shell material, its state on the quality of deposited metal and welding-technological properties of self-shielding flux-cored wire (SFW) is considered in this work. The results of the study of non-metallic inclusions in the tapes of grade 08кп, widely used for the production of flux-cored wire and experimental thermally improved tape 65Г are presented. It is determined by the research that the metal of all samples is contaminated mainly by small sulfide non-metallic inclusions of irregular and angular shape, as well as by those of film type. The narrowing of the size interval in the direction of decreasing the value of non-metallic inclusions in the tape with an increased content of Mn and Si is determined. The relationship of contamination of the shell material and of the deposited metal is shown. The dominance of smaller inclusions in the deposited metal as compared to the initial materials is formed, it is explained by the high intensity of mixing of the metal and the slag in the welded pool, followed by the transition of non-metallic inclusions to the slag phase.

The influence of the surface roughness of the shell SFW on the stability of combustion of the welding arc is considered, that in its turn reflects the quality of the deposited metal. The relationship between the hardness of the shell metal after the dragging of the SFW through the dies and the roughness of its surface is shown. The profilograms of the state of the surface of wires, the oscillograms of current and voltage during surfacing by the materials investigated and the coefficients of the pulsation of the welding parameters depending on the roughness value are given. The calculated values of the pulsation confirmed the assumption about the influence of the state of the shell surface and its material on the stability of the surfacing process. This phenomenon is associated with the stability of the contact between



the currenting jet and the wire, as well as with the decrease of the mechanical resistance of pushing the wire as it moves into the arc zone. Extension of the operating range of the surfacing modes of wires with the shell of tape 65Г has been achieved, that is explained by a more stable feeding of the wire into the arc zone, and also by a reliable contact, which improves at the decrease of roughness of the wire surface.

**Keywords:** self-shielding flux-cored wire, shell material, non-metallic inclusions, surface roughness.

**Grin A. G., Trembach B. A., Trembach I. A. Modern material for increasing wear resistance of the machine parts by surfacing at hydroabrasive wear // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

It is shown that the competitiveness of ore mining and processing works and enterprises and the enterprises of extractive companies depends on the service life of worn-out components, the durability of which is determined by the materials used. Review of literature showed that the most durable materials are steel with a solid matrix such as martensite, or martensite with a small amount of austenite with a moderate amount of strengthening phase in the form of very solid particles of compact round shape. In addition, the deposited metal should have sufficient corrosion resistance for a specific tribocorrosion system.

Examples of self-shielded flux-cored wires (S-FCAW) of both domestic and foreign make are given. According to the results of the information review of modern surfacing materials for the conditions of hydroabrasive wear, the following groups of steels with carbon content of can be identified: 0.4–0.5 % C; 0.8–0.9 % C; 1.2–1.5 % C. In each group, subgroups can be identified, with different chromium content: 5–7 % Cr and 10–12 % Cr. High-carbon surfacing materials are characterized by a higher content of carbide or carboborrid-forming elements. Developing new surfacing materials, it is necessary to conduct studies of alloys with low content of expensive elements, that is, low-cost-alloyed materials corresponding to the content of carbon. Particularly interesting is the study of the combined effect of Cr, Ti, Nb with addition of Cu or Al on the corrosive component in conditions of hydroabrasive wear, as well as determination of their correlation, mechanical properties and characteristics of the oxide film.

**Keywords:** surfacing, S-FCAW, matrix, martensite, strengthening phase, hydroabrasive wear.

**Kassov V. D., Kabatsky A. V., Berezhnaya E. V., Malygina S. V. Technological features of making and weld depositing with the use of flux cored wire of elaborate design // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The aim of the presented work is improving of technology of wear resistant weld depositing by the flux cored wire of elaborate design. The wire of the offered construction is made by twisting of tube from a steel ribbon with adding inside of it alloying charge and welding wire. The use of welding wire assists the increasing of inflexibility and upgrading of weld depositing quality, as replaces ferrous powder in a flux cored wire. Thus the drops of electrode metal are formed on the tip of metal wire. That results in more complete melting of charge. The amount of charge is diminished on 10 % due to the exception of ferrous powder. Addition of wire also assists diminishing of content of hydrogen and nonmetallic inclusions in the metal, and increases the productivity of weld depositing. The chosen variant of wire construction is realized at development of technology of weld depositing of surfaces of details working in the conditions of intensive wear. The process of weld depositing was made by the indicated wire of 5 mm diameter by submerged arc welding. To improve the mechanical properties of the metal and its resistance to cracks, the weld metal was modified by magnesium, which was added as a magnesium aluminum alloy (in an amount of 5-8%) to prevent magnesium burnout, and to facilitate crushing and grinding. The chosen construction of flux cored wire allows to improve quality, productivity, technologicalness both at making of wire and at implementation of weld depositing. Application of flux cored wire of the chosen construction and composition at weld depositing of wear resistant surface allowed to get a deposited metal with a favorable structure, and lower content of harmful admixtures. All of it provides the increasing of plastic properties, shock viscosity and hot crack resistance of deposited metal. Hot-resistance of metal also increases due to cleaning of borders of grains from the fusible harmful admixtures of sulphur, lead, tin, oxides and other compounds. Tests also showed that the researched flux cored wire had also high enough welding-technological properties: excellent forming of bead, good separability of slag crust. The results of researches allow to recommend the use of the considered flux cored wire on a production at weld depositing of working surfaces of threadbare details.

**Keywords:** wear-resistant surfacing, powder wire of complex design, charge, flux, modification of welded metal, magnesium.

**Kushchiiy A. M. The high-performance materials for repair of parts of cars from low-alloy and medium-carbon steels // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

Methods of obtaining from the heat of sodium aluminate with satisfactory viscosity and caustic module are considered, the effect of leaching time and concentration of sodium hydroxide in the initial solution on the transition to the liquid phase from the heat of silicon, aluminum and alkali, and also the values in viscosity, density and caustic solution module; to improve the binding properties of the aluminate, it was introduced into a solution of dextrin or starch, in order to increase the viscosity of the aluminate at its constant density. The binding, obtained from sodium alumina and starch, is characterized by lower viscosity compared to the original aluminate at the same density in both cases, although usually when the starch is introduced into the alkaline solution and its boiling, the viscosity of the latter increases. Investigation of the structure of the samples was carried out indirectly, by studying the features of their structure on the imprints (replicas) taken from the hardened surface during drying out the binding. It has been determined that boiling of aluminate with starch allows to obtain binding to high density values and reduced viscosity values in comparison with the original aluminate, which ensures satisfactory conditions of pressing and required durability of the coatings,

but in the manufacture of electrodes containing in the coating scale, the use of this binder worsens the process of their manufacture compared with the use of liquid glass, therefore, to eliminate these drawbacks of the process of manufacturing electrodes with scales in the coating, to the glass chloramphenesial last injected cement. Electrodes manufactured in this way, characterized by high mechanical strength of the coating, withstand the test, the swelling of the coatings was not detected.

**Keywords:** electrode coating, sodium aluminate, binder, high-performance electrodes, welding.

**Lavrova E. V., Mekh K. O. Modeling of the thermal process of welding and surfacing with controlled transfer of electrode metal // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The modeling of the formation of the weld pool is presented under the action of current pulse pulses and with its transverse oscillations. In the proposed method of welding and surfacing, the factors influencing the formation of the surface of the weld pool melt under the action of gravity without the use of controlled transfer of the electrode metal and the inertial force, and with the use of controlled transfer of the electrode metal, as well as the electrodynamic pressure of the arc, which is countered by capillary pressure surface tension) and internal pressure in the melt, which ensures the constancy of the volume of liquid metal with variations in the shape of the surface.

It is established that the transfer of metal depends on the ratio of the forces applied to the drop at the end of the electrode. The values of these forces can be regulated by the chemical composition of the coating, the coating mass ratio, the welding regime, thereby influencing the droplet size in order to improve the technological properties of the electrodes. If mechanical oscillations are used to control the heat and mass transfer from the end of the electrode to the weld pool, a new inertial force appears, which depends on the mass of the droplet and the acceleration of the end electrode movement that changes during surfacing. To compare the two calculated values of the sum of forces without the use of forced transfer and the sum of forces with controlled transfer, a coefficient  $K(t)$  is introduced, which shows the effect of the inertia force obtained from forced mechanical transfer of the electrode metal to a drop of liquid metal.

The influence of inertial force on the balance of forces acting on a drop of electrode metal is determined. The sum of forces, taking into account the inertia force, exceeds the sum of forces without it by almost 2 times.

It has been found that by regulating the dimensional design parameters of the device in question and the speed of rotation of the exciter, it is possible to obtain a multiple increase in the tearing force of the droplets of the melted electrode as compared to conventional feeders. Due to this, a controlled regularity of the transition of liquid metal droplets into the weld pool is achieved, an increase in the quality of the weld metal and a reduction in the probability and appearance of defects of the type of fusion. The results obtained are recommended for use in further studies.

**Keywords:** controlled transfer of electrode metal, thermal processes, inertial force.

**Leshchinskiy L. K., Matvienko V. N. Selection of hardfacing technology for multilayer composition containing the ductile sub-layer // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

It's shown that the possibility of the effect of the ductile sub-layer on the thermal resistance of hardfacing multilayer composition containing the ductile sub-layer in a good agreement with the results of the investigation of the crack propagation in deposited metal with ductile inter-layers. One of the ways to improve the thermal fatigue resistance of the surfaced products is the use of a ductile sub-layer of low carbon low alloy steel and of nickel-chromium austenitic steel. But to realize this possibility depends on the chemical composition of the sub-layer which is determined by the dilution degree with the base metal, on the one hand, and the working layer, on the other. The studies results showing that the calculated values of the penetration zone size during surfacing with a tape electrode depend on the melting temperature and the thermal conductivity of the base metal. To prevent the increase in the size of the fusion zone of the austenitic sub-layer allows using the differential method of selection of the heat input with the consideration of the correlation of the melting point of the mild steel and austenitic steel. The heat input of the outer layer surfacing should correspond to the nominal one at the same melting temperature of the materials of the working layer and the sub-layer. When surfacing the sub-layer on the base metal, the heat input value may be the same or lower than the heat input of the working layer surfacing. If the sub-layer material melting temperature is lower than the working layer material melting temperature, the heat input value of the working layer surfacing should be below the nominal. An empirical relationship is proposed to determine the heat input value to the surfacing of the working layer and the sub-layer of the multilayer composition.

**Keywords:** multilayer composition, ductile sub-layer, surfacing, strip electrode, heat input, differential method.

**Makarenko N. A., Kulikov V. P. The solution of the «stock» type products hardening and restoration problem // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

It is shown that in the world industry, as well as in the Ukraine industry, in recent years bimetallic products have become increasingly used. To obtain bimetallic products, such as rods, ship armature, bearing guides, friction pairs there are copper alloys, which are surfaced to different structural class steels, are applied. It has been established that surfacing is the most common way of obtaining such compounds. Critical analysis of the reducing and hardening surfacing most widespread methods used in the bimetallic articles (manual arc, surfacing under a layer of flux and plasma welding with an axial feed of a melting electrode) production is given. It is proved that plasma processes are the most effective way of obtaining "steel-copper alloys" compounds. It is indicated that, in comparison with the surfacing under the flux (not to mention the manual arc welding), the plasma coating process makes it possible to obtain a much lower detail material penetration

depth, which subsequently ensures that there are no cracks in the product. Pathways have been outlined and a search has been made for new ways to reduce the base metal proportion in the deposited metal. The research was aimed at improving the plasma deposition method, which resulted in the development of an installation for a pulsed plasma deposition process based on a unipolar pulse generator with capacitive energy storage devices and a certain pulse repetition rate. The samples comparative surfacing obtained by automatic welding under a MNZh5-1 type bronze layer on steel 20 and samples surfacing obtained with the help of pulsed plasma-MIG surfacing using the same materials was carried out. The metallographic welded samples investigations were carried out, which showed that the developed impulse plasma-MIG deposition setup allows obtaining welded metal without inclusions of structurally-free iron, since there is practically no process of melting the base metal (steel), and the process is as close as possible to the "soldering" effect (such a structure of the weld metal free of ferrous constituents and determines its physicochemical and mechanical properties). The further research ways are outlined and the expediency of their carrying out is determined.

**Keywords:** manual arc surfacing, surfacing under flux, surfacing with plasma jet, plasma surfacing with a consumable electrode, surfacing of non-ferrous alloys, penetration depth, fraction of base metal, unipolar impulse generator, arc spot, cathodic cleaning.

**Razmyshlyayev A. D., Ahieieva M. V., Ostapenko Ye. L., Adylin A. N. New method for determining the magnetic properties of materials used in arc welding // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

It is shown that the procedure used to determine the magnetic properties of welding materials and, in particular, magnetic permeability, is of considerable complexity. In this procedure, a sample of the material being studied is used as a torus, on which the primary and secondary windings are located. The primary circuit (winding) is supplied with an alternating current of 50 Hz. The primary circuit contains an ammeter and a voltmeter, as well as a wattmeter allowing to take into account losses in the sample of the hysteresis and Foucault currents. There is also a voltmeter in the secondary circuit. The resulting values of the magnetic permeability are represented as its amplitude value for the material under investigation in an alternating magnetic field of frequency 50 Hz.

The proposed method also uses a sample of the material being studied as a torus. There is one winding on the torus and there is one ammeter in the circuit of this winding. A constant current is passed through the winding, and the magnetic field induction is measured in the torus slot. A calculated expression for the magnetic permeability is obtained on the basis of the theorem on the circularization of the magnetic field strength vector. Less experimental instruments are required for experiments, and calculations do not need to take into account the losses of the hysteresis and Foucault currents.

It is established that the magnetic permeability values obtained for the samples from the БМТЗсн and 09Г2С steels are consistent with the previously obtained results. The method of calculation and experimental determination of the magnetic permeability of welding materials allows obtaining reliable results and is recommended for use in further studies.

**Keywords:** welding materials, magnetic permeability, torus, magnetic field induction, field strength.

**Razmyshlyayev A. D., Ahieieva M. V. The effect of a transverse magnetic field on the geometry of rollers when restoring products // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

It is shown that when surfacing with the action of a transverse magnetic field (TMF) on the penetration of the base metal, only the transverse induction component was affected, and all the observed effects are due to the action of only this magnetic field component.

Experiments to determine the TMF influence on the bead geometric characteristics were carried out using wire and a plate of non-magnetic materials, and this provided the effect on the welding arc and the liquid metal of the bath only the transverse induction component of the TMF. Non-magnetic materials do not distort the TMF structure in the welding arc zone and the liquid metal of the bath, while ferromagnetic products and wire significantly influence the TMF structure. Surfacing was performed on the reverse polarity under the action of a constant TMF, also and alternating TMF and the location of the rods of the input device (ID) of the TMF transversely and along the bead axis.

It is shown that when longitudinal location of the ID TMF rods relative to the bead axis, a constant TMF leads to a lateral displacement of the bead axis, therefore, in this version of the location of the ID TMF rods, only the alternating TMF should be used. However, the alternating TMF with a frequency up to 1 Hz produces a wavy transverse movement of the bead axis due to the transverse displacement of the arc, and to remedy this defect, it is necessary to use a TMF with a frequency of 2 Hz and higher, because of the inertia of the liquid metal bath the latter could not move and affect the geometric parameters of the bead. It is established that the action of constant TMF, as well as alternating frequency of 2, 6 and 50 Hz TMF allows to control the penetration depth and the bead width within a wide range, both for longitudinal and transverse location of the ID TMF rods relative to the bead axis.

**Keywords:** arc surfacing, transverse and longitudinal magnetic fields, induction, geometric characteristics of the bead.

**Razmyshlyayev A. D., Ahieieva M. V. About the crystallization lamination of weld metal at arc welding and control magnetic fields optimal parameters // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

A review of the literature data shows that the publications, beginning in 1947, are devoted to the study of the crystallization processes of the bath metal at arc submerged welding. It is established that the rate of the bath metal crystallization varies periodically and in the weld structure, crystallization layers are observed, the thickness of which is

measured in fractions of a millimeter. It is shown that chemical inhomogeneity is observed in the layers and they consist of three characteristic regions. In later studies, the dimensions (in the section) of these layers and the crystallization frequency of the joints were established. However, these data relate to the process of welding nonconsumable electrode of some metals and alloys 1...3.5 mm thick. It was suggested that for grain grinding at the weld crystallization with external impacts, it is necessary that the frequency of external impacts coincide with the intrinsic frequency of the weld crystallization. In order to verify the applicability of this concept to the automatic arc submerged welding process, it is necessary to determine experimentally the missing reliable data on the intrinsic frequency of the welds crystallization for the modes characteristic for this welding process. Consideration of the formation features of crystallization layers in the weld bead is important when assigning optimal parameters (frequency and induction) of control magnetic fields in arc welding for grinding the dimensions of the structural components of welds and reducing their chemical heterogeneity.

It is suggested that the structural components of the weld metal can be grinded at arc welding with the action of alternating magnetic fields due to the faster movement of liquid metal from the head part of the bath to the tail part of it than was previously established in the physical simulation of the process with the action of permanent magnetic fields.

**Keywords:** crystallization, layer, arc welding, external magnetic fields, induction.

**Razmyshlyayev A. D., Ahicieva M. V. Using the laws of electrostatics to model the induction distribution of the control transverse magnetic field in the head of the weld pool // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

At the present time, there are no simple methods for calculating the induction components in the weld bath area that generate transverse magnetic field (TMF) by input devices (ID) for arc welding and surfacing. Known design methods, suitable for these purposes, are characterized by excessive complexity. To study the distribution of the TMF induction in the head part of the weld bath (near the base metal surface) it is proposed to use the well-known thesis that there is an analogy between the structure of the magnetostatic and electrostatic fields. The induction ( $B$ ) and the electrostatic field intensity ( $E$ ), generated respectively by electromagnets and charged bodies, add up at a certain point of the surrounding space as vectors. On this basis, a method is proposed that allows the calculation of the distribution of the transverse and longitudinal components of the magnetic field induction generated by the ID TMF in the bath head near the surface of the welded plate of non-magnetic materials. In this case, the known electrostatic equations are used. The data showed that the inclination angle of the rods of the ID TMF was within the range  $0 \dots 45^\circ$  relative to the vertical is optimal. The rods ends of the ID TMF must be parallel to the surface of the welded plate. To assess the nature of the distribution of field strengths, it is necessary to express them in relative units. In this case, the electrostatic field component distribution will coincide with the magnetic field induction components distribution generated by the real construction of the ID TMF. It is shown that the proposed method provides a satisfactory convergence of the calculated and experimental data and can be used to optimize the construction of the ID TMF to ensure the maximum values of the transverse induction component in the head part of the weld bath at a constant value of the magnetizing force of the windings on the rods of this ID.

**Keywords:** arc welding, transverse magnetic field, input device, induction, calculation method.

**Dorokhov M. Y., Vovnenko O. E. Improvement of the design of the mechanism of the main lifting of the foundry crane, with prevents the cargo falling during the rope breakage // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The work proposes a new constructive solution to the actual scientific and technical task of increasing the safety for the foundry crane while performing operations on the transport of a ladle with a liquid metal. The changes in the design relate to the polyspast modernization of the main lift mechanism, which usually uses a balancing balancer. Using such a balancer in the event of a rope breakage a sharp drop in the load occurs. Due to the fact that the balancer is applied to the foundry crane the high temperature influences its rope and the rope attached to it, and the possible ingress of droplets of the liquid metal, as well as the small width of the balancer itself, it can lead to strong bending of the rope, breaking of one of the ropes, and may also cause a breakthrough of the remaining rope. There is new design of the ladle and a rope storage scheme is proposed in order to increase the reliability of the crane. This is achieved by integrating into the construction of a polyspast from a balancing device in the form of a drum, which acts as an equalizing element and also prevents the fall of the load when the rope is broken. When using a leveling drum, an equally slow fall of the load is expected at breakage of the rope. This will reduce the dynamic load on the metal construction of the crane. The leveling drum will significantly reduce the amplitude of the horizontal deviation of the final position of the cargo compared to the balance. Previous mistakes give grounds to talk about the possibility of reducing the amplitude of the swing 2–3 times.

**Keywords:** foundry crane, polyspast, traverse, balancing drum.

**Kuliev V. V., Serdyuk A. A. Improvement of the algorithm for controlling the process of coal loading into a ball drum mill // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The analysis of the problem connected with the insufficient productivity of coal dust preparation processes at thermal power plants was conducted in the work. In the preparation of dust, ball drum mills are used which have imperfect, and in most cases, manual control systems. The main functions of the mill control system are the support of the temperature mode to provide the drying ability of the hot air supplied to the drum, as well as the control of the feeder of crude coal. The researchers was found that the maximum mill capacity achieved at a certain level of mill loading, which is 80-95% of the maximum possible level. But for controlling the load of the mill in the control systems are uses indi-

rect indicators such as the pressure drop in the drum, the level of the vibration acceleration of the drum during operation, the temperature of the dust-air mixture at the outlet, which characterize only the partial phenomena of processes and do not allow for more certain information. Therefore, in this work is proposed a new approach to reduce the information entropy, the essence of which is to combine the information of several indicators of the process into one generalized indicator. To realize this approach is used the well-known Harrington function, which allows us to generalize non-comparable indicators and present their geometric sum in the form of a dimensionless desirable parameter for the result of control. Due to this transformation, the generalized indicator becomes more informative. It is also corresponding to note a significant reduction in the algorithm for analyzing controlled parameters for the generation of control impacts. The control algorithm developed in the work is differ with the existings, he is more simply and have greater reliability of the results of the analysis, which allows to ensure a higher accuracy of control of the drum load level.

**Keywords:** ball drum mill, control algorithm, performance improvement, desirability function.

**Franchuk V. P., Ziborov K. A. On the maximum traction ability of a one-shaft mine locomotive under steady motion on a straight line of a track // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

For the mathematical model of a one-trolley mine locomotive, the maximum tractive power is determined for steady-state motion on a rectilinear section of the track, taking into account the geometric imperfection of its output links. Dependences are obtained for determining the maximum value of the traction force realized by one wheel, one axis, the total pulling force of a one-trolley mine locomotive. The total value of lateral pressure by the flanges of the wheels of the mine locomotive on the railhead is determined  $Q_{\gamma}$  for the case of wheels with a worn bandage profile on one side of the crew section. Recommendations are formulated on the value of the maximum rate of wear (rolling) of tires of wheels of wheel pairs on one side (not more than 5 %) for the realization of the maximum tractive force at a given speed of the trolley. The graphs of the magnitude of the maximum tractive force at different wheel radii and the different speeds of a one-trolley mine locomotive are determined, which determine the speed of movement of the locomotive at which it can realize the maximum tractive effort. The established functional connection between the kinematic and power parameters allows not only to determine the maximum traction capacity of the mine locomotive, but also to investigate its dynamic behavior, and also to predict the operational parameters of the interaction of the vehicle-environment system.

**Keywords:** mathematical model, one-trolley mine locomotive, steady motion, maximum tractive effort.

**Shevchenko V. O., Chaplygina O. M. Influence of non-steady movement of earth moving machines on indicators of quality of performed work // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

In the process of performing of technological operations motor-graders are undergone severe loading conditions. The process of working medium development earth-moving machines is accompanied by the action of time-varying parameters reluctances on the working equipment. At the situation of operative bodies blocking which are accompanied by intensive vehicle braking loads on working equipment are of shock character and can exceed considerably neutral layer of usual loads. Such loading can lead to the crabbing of the vehicle from projected path of motion.

One of the indicators of the stability of earth-moving machines is a parameter that characterizes the quality of the work performed. In particular, for machines performing the construction of earthen embankments, one of the important parameters is the course stability indicators characterizing the deviations of the real trajectory of the working body from the planned one. In cases where the trajectory of the earth-moving machines substantially deviates from the design there is a need to perform additional passes, inevitably leads to a drop in productivity and an increase in energy intensity of the process.

The developed dynamic model of earth-moving machine allows to take into consideration dynamic loads effect on the path configuration of its motion and formulate prompts to stabilize the characteristic signs of earth-moving machine road-holding ability. When performing the technological operations trajectory grader motion can be mathematically described by means of two dynamic models of plane motion of the machine in the plane of the support surface and rotational movement relative to the lock point of the blade.

**Keywords:** earth-moving machines (EMM), motor grader, road-holding ability, characteristic signs, dynamic loading, path of motion.

**Gerasimenko O. V., Markov O. E., Hvashinskiy A. S., Gitnikov R. U., Ragulina N. V. Thermal state of ingot forging of a new form for forgings with responsible destination // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The scope of the work is an improving the quality of forging workpieces for the production of high-quality forgings. The process of crystallization of shortened ingots with directed crystallization was modeled to solve the problem. A new mold design and a form of a shortened forging ingot with directed crystallization were developed for this purpose. Such ingots allow to change the direction of crystal growth of the melt. A modeling methodology was developed for the investigation. The investigation was carried out using FEM. As a result of finite element modeling, it was established that the thermal center of the ingot crystallization is localized in the upper part of the ingot while providing directional crystallization from the bottom to the top. Directional crystallization eliminates the heat transfer in the radial direction, which reduces the formation of axial porosity and reduces the depth of the shrinkage cavity, which is 5 ... 7 % of the height of the ingot. Most of the ingot volume crystallizes with a constant temperature difference not exceeding permissible values, which can lead to the formation of internal discontinuities. The maximum temperature during crystallization of a shortened ingot with a directed heat transfer is the upper region of the ingot, and the minimum temperature is its bottom. Reduction of heat dissipation due to thermal insulation of the upper and lateral surface of the ingot is

compensated by intensive heat removal to the bottom. As a result, the duration of crystallization does not increase in comparison with the crystallization time of a conventional forging ingot of the same mass.

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

**Kindenko N. I. Mechanism of wearing and operability of the tools manufactured from the quick steel and strained by the method of PPMF // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The present work is devoted to the study of issues related to improving the operational properties of tools from high-speed steels by means of magnetic-pulse processing, which is a combination of electromagnetic and thermodynamic methods for controlling the nonequilibrium structure of matter. The analysis of the wear mechanism for high-speed steels treated in pulsed magnetic fields is analyzed. It is shown that the efficiency of the magnetic treatment method depends on a number of factors related both to the conditions for the application of the magnetic field to the instrument (the nature of the magnetic field, its intensity and tool holding time in the inductor), and to the conditions in which this tool is operated (cutting regimes, the magnetic state of the instrument, etc.). A well-defined range of magnetic field strengths has been established, the processing in which significantly improves the performance properties of high-speed steel cutting tools. It is noted that the primary reason for improving the performance characteristics of a tool subjected to magnetic treatment is a change in the properties of the tool material, which occurs due to magnetostrictive hardening of high-speed steel. It is established that for the stable manifestation of the effect of the magnetic treatment of the instrument, it is necessary in each concrete case to take into account the value of the magnetic field strength, the tool holding time in the working inductor and the aging time of the tool after magnetic treatment.

**Keywords:** magneto-pulse machining, tension, tension of magnetic field, fail-safety, magnetostrictive hardening, high-speed steel, magnetic-dispersion hardening, wear.

**Korchak E. S., Belenetz K. Ye. Development of methods for resource increasing of the fail-safe operation of hydraulic presses basic units // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The purpose of the work is to create increasing methods for resource increasing of the fail-safe operation of hydraulic presses basic units on the basis of study their tribotechnical properties with the subsequent development of appropriate measures to reduce the wear of power cylinders, ram guides and columns. In order to develop measures to increase the reliability of the non-response resource, it is necessary to consider the units not separately from each other, but to apply a systematic approach that takes into account their interaction and mutual influence during industrial exploitation. In order to prevent the uneven wear of the surfaces of the joints of the power hydro cylinders, the ram guides and the columns, it is necessary to eliminate the eccentric loading of the press and its automatic control system to counteract the deviation of the guiding columns from the geometric axis. On the resource of the fail-safe operation of hydraulic presses basic units, the distortions of the ram are affected by the eccentric application of the technological load, the bend of the upper fixed cross-section due to the clamping of the ends of the guide columns, the deformations due to the configuration of the fixed cross-section and the method of aligning the working cylinder plungers to the moving cross member. Fulfillment of the radius of rounding of the fillets of working cylinders with smaller values than the permissible ones leads to the appearance of brightly expressed zones of concentration of stresses in them, and the penetration of the fillets into the interior of the body greater than the permissible value increases the development of cracks from wear. The highest intensity of cavitation wear is observed at the initial moments of injecting the working fluid under pressure into the inner cavity of the working cylinder, when the difference in pressure and the speed of the fluid in the transition area of orifice opening to the inner cavity of the body are maximal. To increase the fail-safe work of the working cylinders, it is necessary to ensure a rational design of the hydraulic drive elements while preserving the prescribed levels of pressure in the hydraulic system.

**Keywords:** hydraulic press, power cylinder, hydraulic fluid, wear, column, ram, pressure, cavitation.

**Kulinich A. A. Mathematical models of structure parameters influence on AMr11 alloy mechanical properties // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The purpose of the work is to determine the degree of influence of the average grain size and dendritic cell on the level of mechanical properties of the industrial alloy AMG11 and to construct mathematical models of the dependence of the level of mechanical properties of the alloy on the structural characteristics.

The relationship between the grain size and the dendritic cell and the level of mechanical properties of AMr11 industrial alloy was experimentally investigated. The mathematical models of the dependence of the level of mechanical properties of the alloy on the data of the structural characteristics are constructed. On the basis of the analysis of the constructed mathematical models, the degree of influence (relative contribution) of the average grain size and the dendritic cell on the level of mechanical properties of the industrial alloy AMr11 is established. In the AMr11-specific alloy range the changes in the structural characteristics, the relationship between the level of mechanical properties and the size of the main characteristics of the structure are satisfactorily described by a linear function, except for the relationship between the flow boundary and the grain size. This dependence is described by the Hall-Petch type equation. It was established that the change in the size of the macro- and microstructure of the AMr11 alloy significantly influences the relative elongation level.

**Keywords:** structure, mechanical properties, grain, dendritic cell, mathematical model.

**Pytz Ya. E., Pytz E. Ya. Influence of frictional forces and lubrication on the torque and temperature of tubular billets during rotational running // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

It is shown that the processing of materials in mechanical engineering is currently developing in the directions connected with increasing the productivity, quality and efficiency of production, saving material and energy resources, improving the quality of manufactured products and semi-finished products, and reducing production costs. The progressive resource-saving methods of processing metals with pressure include the technology of rotational running in of hollow products with a friction tool. This technology is used in the manufacture of parts and semi-finished products such as hollow filter housings and hydraulic cylinders, cylinders, rollers of belt conveyors and other axisymmetric parts. It is established that the process of rotational breaking in some cases can compete with forging, volumetric and sheet stamping. A critical analysis is given of the effect of friction forces, including the presence and effectiveness of lubrication, on the torque and temperature of heating during the rotational break-in of tubular blanks. It is proved that, in the presence of lubrication, the torque increases, which leads to a decrease for work required to overcome frictional forces and, as a consequence, to reduce the amount of heat generated in the work piece. This leads to a decrease in the temperature of the deformable part of the work piece and an increase in the machine time for processing.

**Keywords:** frictional friction tool, rotational break-in, localization of the deformation center, frictional heating, friction torque, torque, thermal state of the deformable pipe section, heat generation due to internal friction, heat loss during rotational running.

**Kovalev V. D., Mel'nik M. S., Vasilchenko Y. V., Saenko M. A. Optimization of the process of heavy turning using adaptive control systems // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

In this paper, the relevance of the application of adaptive control in the processing of details on heavy duty CNC lathes is shown, the development and implementation of the laws of controlling machining modes on a heavy duty lathe, namely the feed control for adjusting the cutting force using PLC modules. The use of adaptive systems on CNC machines and multioperational machines allows you to create self-adjusting technological systems that ensure the achievement of the required accuracy and the specified performance when processing each new detail. As the control parameter, the speed of the longitudinal feed of the cutter is selected. The law of controlling the longitudinal feed of the cutter is given, depending on the value of the cutting force. The scheme is developed, which is intended for automatic maintenance of the specified value of cutting effort with longitudinal sharpening on heavy lathes with the purpose of obtaining maximum processing efficiency in case of elimination of overloads of cutting tool. This system produces measurements of force in the cutting zone and, based on this, corrects the controlled parameters of the cutting (feed) process to achieve optimal value. As a decision maker, special software was used - the Heidenhain MANUALplus 620 rack with a built-in PLC module, which allows you to implement the laws of controlling machining modes on a heavy duty lathe. The algorithm of the system of adaptive optimal control of the longitudinal turning process is developed by changing the feed rate depending on the cutting force.

**Keywords:** adaptive control, PLC modules, the optimal cutting conditions, the CNC, the algorithm.

**Kovalevska O. S., Kovalevskyy S. V. Hardware and software mobility of reconfigurable production systems // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The article outlines the principles of constructing mobile modular control systems for mobile intelligent process machines with mechanisms of parallel structure for reconfigurable productions. The authors developed a method for identifying the position, kinematic and dynamic parameters of mechanisms with parallel kinematics structures, of which mobile machines are composed. As an informative source of the diagnostic signal, the amplitude-frequency characteristic of the vibrations of the object in the acoustic range is used. Excitation of the design of reconfigurable equipment is a low-power acoustic signal with the distribution of signals of the same amplitude. For research, algorithm of fast calculation of discrete Fourier transform using the FFT-analyzer was used. Provided suggestions on hardware and software for the use of identification models on the basis of neural networks and deep calculations. The prospect of using the Rasperru pi3 b + single-payment mini-computers in conjunction with the Mega 2560 microprocessors with the NumPy, SciPy, Theano, and Keras libraries is shown. The estimation of the spectral density is carried out according to the known realization of the  $XR(t)$  signal by generating from it a discrete sequence  $x(n)$  and processing this sequence in accordance with the given quantization. The dimensional series of elements of the reconfigurable production system based on mobile machines with parallel kinematics and intelligent control systems is developed, which allows maintenance of a machine-repair cluster on the basis of reconfigurable productions. The concept is proposed that can be used as a market product in the form of a gamut of mobile machines with intelligent control for different productions.

**Keywords:** neural networks, mobile machines, parallel structure.

**Melnyk M. S. Adaptive control system for compensation of elastic deformations of boring tools on heavy turning machines // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

Boring cutters due to design features have stiffness much less stiffness of cutters of other types. This negatively affects the accuracy of the processing. Many works of various authors are dedicated to the struggle against self-oscillations of non-rigid boring cutters, but the problem of the effect of elastic deformations of the tool on the accuracy of the product remains relevant. In the article two variants of the system of automatic compensation of elastic deformations of boring tools by resource of the CNC system with additional measuring tools and software are offered. In the first variant, the compensation is calculated based on the known stiffness of the tool and the measured cutting force. The cutting force is measured indirectly through the feed motor current. To accurately measure the cutting force in this way, the feed actuator

oscillates at a small amplitude around the specified coordinate, and the motor current is measured twice during the oscillation period when the drive moves in opposite directions. The cutting force is calculated by multiplying by a constant coefficient of the difference in feeder motor currents when moving in opposite directions. This makes it possible to eliminate the effect of frictional forces in the drive on the accuracy of measuring cutting forces. In the second variant, the design of a boring tool with an integrated elastic displacement sensor is proposed. As the measuring transducer, inductive distance sensors are used, which are included in the bridge measuring circuit of alternating current. Further, the sensor signal is processed by a special electronic circuit and entered into the CNC system as a dimensional correction. Also, there are three ways to enter a correction signal into the CNC system, depending on its model. The second variant is more complicated but it is able to provide the best result in accuracy and quality of the surface, since it does not require oscillations of the feed drive and contains fewer information links from measurement to correction.

**Keywords:** boring cutter, boring, measuring, cutting force, compensation.

**Rodichev Y. M., Shabetia O. A., Soroka O. B., Kovalov V. D., Vasilchenko Y. V. Effect of impact speed on protection ability and damageability of bulletproof class // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The technique of testing the bulletproofness of protective glass is developed taking into account the standard requirements and features of ballistic damage by 7.62 mm bullets of BZ and B32 in the real conditions of attack. The bullet speed is considerably less than the standard of DSTU 4546: 2006. The method partially takes into account the requirements of the STANAG 4569 standard for tests of small-sized transparent armored blocks. In the field conditions, the layout of the reservation system has been tested. The layout consists of four transparent blocks. Blocks are substantially less than GOST 4546: 2006. The dimensions of the blocks are 300 x 300 mm. Blocks are made of autoclave technology and have a thickness of 42 mm, correspond to the class of bullet resistance SK3. Transparent reservation system of the combined anti-fouling frame is a frame made of structural steel (steel 45 mm thick 16 mm) with a system of joints and fastenings and rubber linings. The frame is reinforced on the front surface with a pad of homogeneous steel armor steel Miilux Protection 500. In order to take into account the real conditions, the shooting distance is increased to 100 m, the lesion places are casual, simulating the conditions of a real attack with the use of small arms. It is shown that when the bullet B32 is loaded, the decrease in the speed of the drummer leads to a decrease in the area of intense destruction on the face of the glass, the absence of bulging on the rear surface of the glass, the decrease in the depth of penetration of the bullets and the increase in the number of lesions without through-through penetration. The frame is reinforced on the front surface with a pad of homogeneous steel armor steel Miilux Protection 500. In order to take into account the real conditions, the shooting distance is increased to 100 m, the lesion places are casual, simulating the conditions of a real attack with the use of small arms. It is shown that when the bullet B32 is loaded, the decrease in the speed of the drummer leads to a decrease in the area of intense destruction on the face of the glass, the absence of bulging on the rear surface of the glass, the decrease in the depth of penetration of the bullets and the increase in the number of lesions without through-through penetration. It was obtained that the qualitative protective glass of the classes of stability SK3 ... SK4 in the conditions of reduction of loading speed can withstand loads with bullets B3 and B32 and exceeds the standard requirements for this type of glass. This speed corresponds to increased distances of combat collision. The account of the obtained results allows to optimize the structure of the protective glazing to reduce the thickness of the blocks, increasing the optical transparency and reducing the weight of the systems of transparent reservation.

**Keywords:** bulletproof glass, impact speed, protection ability, damageability, field tests.

**Tulupov V. I., Onischuk S. G. Research of the influence of modes of electric-pulse smoothing with modification on the quality of the surface of a part // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

In the given work the analysis of methods of strengthening working surfaces of machine parts was performed. The method of strengthening the surfaces of parts of machines working in conditions of alternating loads, as well as friction and wear, investigated in the work is based on the application of coatings in the form of solid lubricants, followed by smoothing with the simultaneous use of pulsed current. As a result, a discrete surface structure is created in the form of strengthened fragments. The location of the strengthened fragments depends on the frequency and duration of the current pulses, as well as the smoothing modes. The modifier is molybdenum disulfide, which has a low friction coefficient, which is stored at high temperatures and loads. The study was carried out using a pulse current generator. The material of the prototype steel 40XH. Material of the indenter is a solid T15K6 alloy. The stroke is isolated from the chopper. The mathematical model of the dependence of surface roughness on technological factors - longitudinal feed, current strength, and force of pressing the indenter. Adequacy of the model is determined by the Cochran and Student criteria. The microstructural analysis showed that the microhardness of the surface layer in the range 3.5 ... 7.7 GPa with initial microhardness of 2 ... 2.12 GPa. The reinforced layer, located at a depth of 0.03 to 0.15 mm, had the highest hardness, reaching 6.0 ... 7.7 GPa depending on the processing modes. The total depth of the reinforced layer is 0.25 ... 0.3 mm. The microstructure of the investigated samples is determined with the help of a metallographic microscope "Neofot-30". The result of the electro-pulse smoothing with modification is the presence of fine-grained structure up to 0,3 mm deep. Spectral analysis shows the presence of molybdenum in the surface layer of the test specimen, indicating a local modification after electro-pulse smoothing.

**Keywords:** hardening, discrete structure, molybdenum disulphide, electro-pulse smoothing, roughness, pulse current, modification.



**Abramska I. B., Yenikieiev O. F., Zakharenkov D. Ya. Analysis of metrological characteristics of hardware for measuring the parameters of a frequency-modulated signal // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

Disadvantages of the known hardware for measuring the parameters of the frequency-modulated signal of the rotational speed are unsatisfactory metrological characteristics. The modulation depth of this signal does not exceed 0.05%, therefore, the process of measuring fluctuations is quite complicated and requires the development of hardware that has a small interval of indeterminacy around the nominal conversion characteristic. The error components of the primary converter of the instantaneous speed of rotation of the crankshaft are established and their analysis is performed using the methods of the theory of errors. The speed fluctuation signal is represented by a limited Fourier series. The error of recovering an analog signal from discrete samples was investigated and a graph of its behavior was obtained depending on the number of sampling intervals. It is also established that the determining component of the total error of the primary converter is the presence of the kinematic error of its making. A method for measuring the signal of fluctuations, which allowed reducing the influence of kinematic error, is proposed. On the basis of this method, an information measuring device is constructed. The metrological characteristics of the device are investigated, using the information approach of the theory of errors. A result of statistical processing of experimental data, which is a series of measurements with multiple observations, a spread histogram was constructed, the parameters and the law of error distribution were established. It is established that the entropy indeterminacy interval around the nominal conversion characteristic of an information-measuring device satisfies the requirements for the precision of measuring signals of crankshaft rotation speed fluctuations.

**Keywords:** frequency-modulated signal, fluctuations, error, measurement method, information-measuring device, nominal conversion characteristic, informational approach, entropy interval.

**Borisenko A. N., Borisenko E. A., Krikunenko E. N. Synthesis of the model and analysis of the methodological error in the formation of phase lag when grinding parts // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The article discusses a mathematical model for converting the angular velocity and the moment of loading of the grinding wheel into phase lag, which is necessary to improve the quality of the workpiece processing process, the methodological error of this transformation and the hardware for its implementation. The cause of the methodical error is related to the uneven rotation of the grinding wheel with changes in the load moment on it, which is why the turn of the circle from the upper anchor point to the lower one differs from its movement time from the lower anchor point to the upper one. The conversion of the indicated time periods into digital codes is carried out by rectangular pulses, the frequency of which is at least three orders of magnitude higher than the frequency of rotation of the grinding wheel, due to which the sampling error is negligibly small. In the transitional speed modes of the grinding wheel, caused by changes in the load torque, it is assumed that within one revolution of the circle its acceleration is constant. The graphs given in the article show that with an increase in the angular acceleration of the grinding wheel, the methodical error increases and with an increase in its initial angular velocity it decreases.

If necessary, the phase lag can be changed by the grinding machine operator by setting the appropriate clock frequency in the microcontroller when writing and reading digital codes in the process of turning the circle from the upper anchor point to the lower one and back. In practice, this situation may occur when installing grinding wheels of different radius. This is due to the fact that at the same angular velocity, grinding wheels of different radii have different linear speeds, which is reflected in the productivity of the process in the area of the workpiece.

**Keywords:** grinding circle, angular speed, load moment, phase delay, acceleration, transformation, digital code, methodological error.

**Mukovoz O. O., Sheremet O. I., Chepel Yu. A. Analysis of methods for removing residual stresses in metal parts // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

One of the most important causes of premature loss of the necessary accuracy, and in some cases of working capacity, by machines and devices are deformations of the basic parts that determine the mutual movement of various machine units in space, as well as deformation of the bodies of revolution. The change in the shape and dimensions of the cast and welded parts is caused by residual internal stresses arising in the process of uneven cooling, and also during machining. To reduce residual stresses in cast and welded parts in order to stabilize their geometric dimensions, thermal deformation and deformation methods are used. The most common method in Ukraine and in other countries is the annealing method. Regardless of the cause of the appearance of residual stresses, annealing can reduce them to a certain acceptable level or eliminate them. However, this method has significant drawbacks, among which there are significant costs for the construction of annealing ovens, fuel and electricity; reduction in the strength and yield strength of the material of the component; scaling and oxidation; decarburization; weakening of heat-treated steels; increased brittleness due to carbide formation. One of the most promising methods for removing residual stresses is vibration processing. This method has no annoying disadvantages, it is undemanding to the mass, shape and dimensions of the part, therefore it is one of the most versatile ways to reduce residual stresses in cast and welded parts. In addition, energy costs for vibroprocessing are an order of magnitude lower than in heat treatment. As a result of the analysis carried out in the article, it is established that it is most efficient to perform vibration processing at once on all resonant frequencies of the part with the realization of the mode of changing the vibration impact in accordance with the changing resonant frequencies, but this requires a special design of the electromechanical system executing the vibration processing.

**Keywords:** vibroprocessing, residual stresses, annealing, resonant frequency, plastic deformation.

**Olkhovska O. L., Reshetnjak T. V., Yurchenko A. V. Creation of a system of automation of the process of provision of the ambulance station of sanitary transport // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The article is devoted to the currently relevant problem of the optimal distribution of ambulance transport for an ambulance station. The ambulance station is a medical institution that provides around-the-clock emergency medical care to adults and children in the prehospital phase in case of accidents and conditions that threaten life or health. The main feature of emergency care that distinguishes it from other types of care is the speed of action. A dangerous condition occurs suddenly, and the victim, as a rule, is away from people who can provide professional medical care, so you need as soon as possible to deliver doctors to the patient. A large number of applied problems from various fields of knowledge (including medicine) is reduced to optimal problems. The task of transport distribution for an ambulance station is an important link. The optimal amount of transport can increase productivity, affect the provision of timely and high-quality medical care. The developed system helps to calculate such indicators as: the number of calls per year, the number of calls with hospitalization and without hospitalization, the average time per patient, the total time spent on maintenance, the calculation of the optimal number of vehicles, the introduction of call statistics. This functionality of the automated ambulance station ambulance system will help reduce the time of arrival of the ambulance crew to the call site, optimize the operation of ambulance stations, and ensure the readiness of medical organizations to provide emergency hospitalization services for timely and quality medical care.

**Keywords:** ambulance station, service time, ambulance transport, call cards, automation, transport distribution, information system, model, simulation, optimal number.

**Shirin I. K., Sheremet O. I., Ivchenkov M. V. An overview of modern methods of bearing vibration diagnosis and advantages of the SIEMENS SIPLUS CMS system for early damage control // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

Rolling bearing is the most common element of the design of any rotary mechanism and, at the same time, the most vulnerable element that determines the working capacity and durability of the electromechanical system. Bearing defects can lead to a failure of the mechanical unit or machine as a whole, which in the conditions of serial production leads to significant losses for the enterprise. Recently, however, systems for early monitoring of equipment failure have appeared, such as the SIEMENS SIPLUS CMS, which is discussed in the article, and works in conjunction with MindSphere (cloud operating system for the industrial Internet of Things – IIoT) and opens up completely new possibilities. The powerful cloud platform is designed to analyze a large amount of data and allows you to control a fleet of machines around the world for the purpose of maintenance, in order to reduce the time of their idle time. Methods of vibration diagnostics are based on the use of frequency signal characteristics; they usually analyze high-frequency areas and perform a search for repeat data sites. Methods that use time characteristics of a signal often enter characteristic parameters, such as peak level, mean square deviation of values, impact impulse count, moving average value and other parameters. Most of the vibration diagnostic methods are available in the SIEMENS SIPLUS CMS system, which records and analyzes mechanical variables derived from machines, integrates them into the subject domain of automation, and provides auxiliary solutions for service personnel, operators, and management. The open architecture of SIEMENS SIPLUS CMS system and effective interaction between all components of automation allow controlling the state of mechanical components at all levels.

**Keywords:** vibration diagnostics, bearing defects, system of early equipment failure control, industrial internet of things.

**Sheremet O. I., Shkalikov M. V., Chepel Yu. A. Synthesis of a DC electric drive control system based on a discrete time equalizer // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

Possibilities of modern computer technology allow solving complex tasks of diagnosing, forecasting, classification, performing expert assessments of technical objects of management. All these tasks are solved by software and do not require the development of special hardware. The process of the task of the desired dynamic properties of the technical object can also be implemented programmatically, that is, in such a way that most of the computational work is carried out with the help of a code that, without using the theory of standard characteristic polynomials, takes into account the basic dynamic features of the real object of control and gives it the desired dynamic properties. The work of the user in this approach is minimized – he only sets the desired transition function graphically or as a set of points. In the implementation of the synthesis of automated electromechanical systems, the method of the discrete time equalizer specifies not the fixed positions of the roots, but the desired transitive functions that are not selected from a certain list of standard forms, but are given solely on the basis of technological requirements for the electromechanical system and the possibilities of technical implementation of the selected equipment. To improve the possibilities of technical implementation with the help of software, it is advisable to present the desired transition function in a numerical (discrete) form. In the article the synthesis of a single-circuit system is carried out by a thyristor converter-DC motor without taking into account the feedback on the electromotive force of the engine on the basis of the discrete time equalizer. It has been established that increasing the number of sampling levels and reducing the quantization period of the time equalizer leads to a reduction in the integral quadratic error of the resulting transient function from the desired one. In addition, the frequencies of oscillations observed in the transient functions increase, and amplitudes of oscillations decrease.

**Keywords:** discrete time equalizer, electromechanical system, electric drive, synthesis.

**Pismenkova T. O., Ziborov K. A. Innovative methods of training engineer profile // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The work raises topical issues of the content of the training of a modern design engineer (mechanic) in the plane of the general and professional component of educational programs. Existing and future professions and requirements to the engineering specialist in the European space are analyzed. The realities, trends and forecasts of researchers indicate the most prestigious future professions that are formed on the border of the humanitarian and technical worlds. Key competencies of specialists in these professions reflect the view of external customers. The profession of an industrial designer is considered, which most clearly represents the fusion of classical engineering and design. The analysis of the characteristics of an industrial design expert, adopted by the EU countries, led to the conclusion that professional activity requires not only skills of engineering and aesthetic perception (feelings, vision), but also communication, administrative, managerial skills, work with legislative acts, document management, etc. Based on the analysis, the classic training of engineers, taking into account the modernized regulatory and legislative framework, innovative methods for training specialists in engineering are proposed. These methods provide for a cardinal solution to the issue of improving engineering training - the harmonization of its structure by strengthening the humanitarian component in the training of engineers. The list of training elements, which together are called upon to teach the competitor when designing the chain of the product life cycle, take into account his connection with marketing, sociology, psychology, management and have professional competence of a research character as an effective means of activating creative abilities and forming professional skills.

**Keywords:** engineer-designer, industrial designer, key competencies of the profession of the future, the content of training, the general and professional component of the educational program.

**Podlesny S. V. Use of multimedia technologies in the course of biomechanics // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

The article is devoted to the issues of informatization of the modern education system and the identification of possibilities for using multimedia in the educational process, in particular, in the course of biomechanics. The article lists information technology tools and emphasizes the role of specialized multimedia tools used in the learning process. The author also provides a list of relevant hardware, which are most often used by teachers. In addition, the article defines the purpose of using multimedia as a learning tool, highlighted their basic properties. At the same time, it is emphasized that among the properties interactivity is understood as the most significant, which allows us to individualize the learning process and include the listener in active activities. The possibilities of multimedia teaching aids are also clarified, the use of which, in turn, contributes to improving the organization and optimization of the educational process, including the use of several channels of sensory perception of the material, which helps to develop and consolidate new skills and abilities learned in the classroom. Multimedia technologies can be used to represent and process various types of knowledge. A new information educational environment is being created, in which the integration of educational and information approaches to the content of education, teaching methods and technologies becomes decisive. The concepts of "hypertext", "hypermedia", "virtual reality", and "technical means of playing multimedia" are also considered, the process of using an interactive whiteboard as an innovative educational multimedia tool has been described.

**Keywords:** informatization, information technologies, multimedia, multimedia technologies, interactivity, interactive board, hypermedia, virtual reality.

**Mironenko E. V., Goncharov A. A., Yunda A. N., Vasilyeva L. V., Koval' S. V., Belous D. A. The study of the thermal field of plates with multilayer coating // Herald of the DSEA. – 2018. – № 2 (44).**

This paper focuses on the calculation of thermal profiles in the cutters with a multilayer coating and a coating without a layer. The measured data and experience presented in this work allowed us to carry out a detailed analysis of the temperature in the tool under load. To obtain the actual data, strength tests were carried out on turning cutters with carbide cutting inserts of well-known manufacturers. The tests were stopped when the cutter had a working time of 15 minutes, or when the cutting plate had reached critical wear. A mathematical model of a thermal field is constructed using the finite element method using the example of a cutting tool. Created applications for numerical calculations, elements of which can be used for numerical calculations in solving such problems. Calculations show that a coating with low thermal conductivity serves as a heat shield. This, in particular, leads to higher temperatures on the surface of the tool, while temperatures in the substrate are reduced. Reducing plastic deformation in the substrate is considered an important factor in a longer tool life. It can be concluded that the newly developed model allows not only a detailed and quantitative study of the coating, but also provides a detailed physical temperature in the instrument. This work allows to partially reduce the cost of conducting experimental studies in studying the issue of temperature distribution in the cutting tool.

**Keywords:** machining, carbide inserts, multilayer coatings, cutting conditions, thermal field, convective heat transfer.