

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ДДМА

д-р техн. наук, професор

Віктор КОВАЛЬОВ

30.09.2024 р.



ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
докторської дисертації Карнауха Сергія Григоровича
на тему: «Розвиток наукових основ та удосконалення процесів безвідходного
розділення сортового і трубного прокату на основі застосування способів
комбінованого навантаження», поданої на здобуття наукового ступеня доктора
технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»
(витяг з протоколу від 12.09.2024 р. № 3 засідання об'єднаного наукового семінару з
обробки металів тиском (ОМТ) Донбаської державної машинобудівної академії
(ДДМА))

Тему дисертаційної роботи «Наукові основи удосконалення технологій і
обладнання для розділення сортового прокату для отримання заготовок високої
якості» затверджено на засіданні Вченої ради ДДМА (протокол № 1 від «31» серпня
2023 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради ДДМА (протокол № 10 від
«30» травня 2024 року).

Науковим консультантом затверджений Заслужений діяч науки і техніки
України, доктор технічних наук, професор Алієв Іграмотдін Серажутдинович,
завідувач кафедри «Обробка металів тиском» ДДМА.

Структурний підрозділ для проведення попередньої експертизи дисертації та
рецензентів затверджено Вченою радою ДДМА (протокол № 11 від «27» червня 2024
року).

Заслухавши та обговоривши доповідь Карнауха С. Г., а також за результатами
попередньої експертизи представленої дисертації ухвалили прийняти такий
висновок:

1. Актуальність теми дослідження

На сучасному етапі розвитку машинобудування усе зростаючі вимоги пред'являються до технологій і обладнання для розділення вихідних матеріалів на мірні заготовки. На більшості підприємств машинобудівного профілю операція розділення прокату є типовою та масовою. В Україні щорічно виробляються десятки мільйонів заготовок. При цьому вартість матеріалів у собівартості виготовлення продукції машинобудування складає 60% і щорічно збільшується, а економія лише 1% матеріалів зменшує собівартість у 4 рази більше, ніж економія капітальних вкладень і 3 рази більше, ніж економія зарплати.

При всьому різноманітті безвідходних способів і схем розділення сортового прокату важко виділити такі, які були б позбавлені тією чи іншою мірою недоліків, серед яких: недостатня геометрична точність отриманих заготовок, низька продуктивність процесу, висока метало- та енергоємність, вартість, а також конструктивна складність і металоємність існуючого устаткування. Тому потрібно проводити додаткові дослідження щодо підвищення ефективності відомих і розробки нових комбінованих процесів безвідходного розділення сортового прокату.

Робота пресів при реалізації операцій розділення сортового прокату супроводжується миттєвим скиданням технологічного навантаження в момент розділення, що призводить до руйнування деталей станини, приводу, фундаменту. З цієї причини устаткування для розділення прокату вибирають значно більшого номінального зусилля у порівнянні з потрібною розрахованою силою розділення. Для зменшення наслідків пружного розвантаження преса необхідно застосовувати виконавчі механізми, які мають високу жорсткість та забезпечують силовий характер навантаження з максимальною силою на початку робочого ходу.

Попри наявність відомих рекомендацій для вибору того або іншого безвідходного способу розділення прокату, до сих пір не розроблено універсального підходу для реалізації такого вибору. Тому є нагальна потреба у розробці теоретичних основ обґрунтування методу вибору конкретної схеми і способу безвідходного розділення сортового прокату.

Зважаючи на вищевикладене, науково-прикладна проблема підвищення ефективності процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату на базі розвитку наукових основ, створення і застосування нових технологічних способів і засобів комбінованого навантаження та розробки методів розрахунків і

методик проектування технологічних процесів розділення прокату, обладнання та оснастки, є **актуальною**.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Результати роботи спрямовані на вирішення завдань, поставлених у Стратегії розвитку Донецької області на період до 2027 року. Тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Новітні ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі» та відповідає науковому напрямку «Розвиток ресурсозберігаючих процесів розділення сортового прокату і труб на основі створення нових технологічних способів і обладнання для їх реалізації» роботи кафедри основ проектування машин (ОПМ) ДДМА. Робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, передбачених планами Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0101U001746, 0104U004040, 0107U001304, 0109U002666, 0123U101703) та виконаних на кафедрі ОПМ ДДМА (№ держреєстрації 0102U001662, 0105U002443, 0107U008729, 0110U006164, 0113U003981, 0116U005580, 0119U103185, 0123U103870), а також в рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт та договорів про співдружність з підприємствами: ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (НКМЗ), ПАТ Енергомашспецсталь (ЕМСС), АТ Мотор Січ, ПАТ «Дружківський завод металевих виробів» (ДЗМВ), ТОВ «Завод рейкових скріплень». Автор був керівником і виконавцем при виконанні держбюджетних і госпдоговірних тем.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше, розроблена класифікація безвідходних способів розділення сортового та трубного прокату і засобами комбінаторики виконаний синтез перспективних способів комбінованого навантаження, які дозволяють зменшити енергосилові параметри процесу розділення, зменшити наслідки розвантаження обладнання в момент зняття технологічного навантаження та підвищити геометричну точність отриманих заготовок.

2. Вперше запропоновано та науково обґрунтовано метод вибору способу безвідходного розділення сортового прокату із матеріалів з різними механічними характеристиками. Суть новизни у використанні синергетичних критеріїв руйнування та величин граничних деформацій і створенні класифікації матеріалів за

ознакою їх чутливості до руйнування, яка дозволяє зробити обґрунтований вибір способу безвідходного розділення.

3. Отримали подальший розвиток закономірності та залежності технологічних параметрів процесу розділення сортового прокату комбінованим статико-динамічним навантаженням способом триточкової холодної ломки згином із застосуванням методів скінченних різниць та скінченних елементів, які, на відміну від існуючих, враховують вплив попереднього статичного навантаження і жорсткості системи «прес-молот – оснастка – зразок» на хвильовий силовий режим розділення, що забезпечує плавний та симетричний режим прикладення навантаження відносно концентратора напружень і відповідно отримання заготовок підвищеної геометричної точності.

4. Вперше із застосуванням аналітичних методів та методу скінченних елементів розроблені залежності для розрахунку технологічних параметрів процесу розділення сортового і фасонного прокату на пресах з клиношарнірними механізмами нової конструкції, які на відміну від типових виконавчих механізмів, забезпечують комбіноване навантаження і оптимальний графік зміни деформуючих зусиль, що дозволяє зменшити енергосилові параметри процесу розділення та шкідливі наслідки розвантаження пресу в кінці робочого ходу.

5. Вперше із застосуванням аналітичних методів та методу скінченних елементів розроблені залежності для розрахунків геометричних і силових параметрів процесу розділення трубного прокату комбінованим навантаженням з використанням кривошипно-кругового механізму, який відрізняється урахуванням високої жорсткості інструмента та його складного плоского руху у вигляді сполучення зсуву та кручення, що дозволяє зменшити енергосилові параметри процесу розділення та збільшити коефіцієнт використання пресів за зусиллям.

6. Вперше методами полів ліній ковзання і скінченних елементів обґрунтовані залежності для розрахунків енергосилових параметрів та закономірності процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням за рахунок активних зусиль деформування пресом та реактивних зусиль пружної деформації технологічної системи, що дозволяє послідовно за один робочий хід виконувати операції нанесення концентраторів напружень вдавненням клинового ножа або частковим зсувом та остаточне розділення ломкою або реверсивним зсувом, що дозволило збільшити коефіцієнт корисної дії преса та продуктивність процесів розділення.

7. Отримали подальший розвиток залежності для розрахунків силових параметрів процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням у штампах з диференційованим затиском прокату, які відрізняються врахуванням впливу величин кутів клинових механізмів штампу та контактного тертя при відрізці, що дозволяє призначити оптимальні параметри механізмів штамсів, які забезпечують підвищення геометричної точності отриманих заготовок.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи в повній мірі обґрунтовані з наукової і технічної точки зору. У роботі використані теоретичні й експериментальні методи дослідження. Дослідження силового і деформаційного режимів процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату проведені з використанням методу полів ліній ковзання та скінченних елементів. Для оцінки граничних можливостей матеріалів до руйнування застосовані синергетичні критерії руйнування. В основу теоретичних досліджень обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату були покладені методи математичного моделювання на підставі положень теоретичної механіки, диференціального і інтегрального обчислень, аналітичні і графоаналітичні методи теорії механізмів і машин (ТММ), які використовуються при проектуванні ковальсько-пресового обладнання, метод скінченних різниць для розв'язку диференціальних рівнянь, що описують деформування елементів системи «прес-молот – оснастка – зразок».

Експериментальні дослідження проводились з використанням методу тензометрії. Геометричну точність заготовок досліджували методом макроструктурного аналізу з виміром абсолютних і відносних величин викривлень геометричної форми та методами магнітно-порошкової, і фарбо-капілярної дефектоскопії. Експерименти проводилися в лабораторних і виробничих умовах, на спеціально виготовлених і модернізованих моделях та експериментальних зразках устаткування оригінальної конструкції. Механічні властивості визначені випробуванням зразків стандартними методами. Результати експериментів оброблені із застосуванням статистичних методів аналізу.

Оцінка адекватності розроблених і адаптованих методик, достовірність запропонованих теоретичних рішень і методів виконувалася шляхом порівняння з експериментальними результатами та результатами аналітичних рішень.

5. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-технічна проблема підвищення ефективності процесів розділення сортового і трубного прокату на базі розвитку наукових основ, застосування нових технологічних способів і засобів комбінованого навантаження та розробки методик проектування технологічних процесів, обладнання та оснастки.

Проведено аналіз, виявлено сучасні тенденції та шляхи розвитку безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату, обладнання і оснастки для їх реалізації. Визначено основні напрямки вдосконалення даної галузі обробки тиском, які полягають: у створенні нових і підвищенні можливостей відомих способів розділення сортового і трубного прокату та обладнання для їх реалізації, оцінки технологічних режимів та закономірностей формоутворення, моделювання технологічних режимів, розробки методик розрахунку і проектування технологічних процесів з урахуванням особливостей зовнішнього силового і кінематичного впливу.

Розроблена класифікація безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату, засобами комбінаторики виконаний синтез перспективних способів комбінованого навантаження, які дозволяють підвищити ефективність роботи обладнання та геометричну точність отриманих заготовок. Запропонована класифікації компактних виконавчих механізмів пресів і обґрунтована доцільність використання перспективних механізмів: клиношарнірних, кривошипно-кругових, кривошипно-кулісних та їх комбінацій, які забезпечують найбільш сприятливий силовий і кінематичний режим навантаження при виконанні операцій безвідходного розділення сортового і трубного прокату, що дозволяє зменшити величину енергосилових параметрів розділення та шкідливі наслідки розвантаження преса після зняття технологічного навантаження.

Запропоновано та науково обґрунтовано метод вибору способу безвідходного розділення сортового прокату із матеріалів з різними механічними характеристиками з використанням синергетичних критеріїв руйнування та граничних деформацій. Оцінкою інформативності синергетичних критеріїв руйнування, виконаного методами кластерного аналізу, встановлено, що критерій поширення тріщини і критерій крихкості є базовими інформативними ознаками. При додаванні до них будь-якого з решти критеріїв, вони утворюють найбільш інформативні множини мінімальної потужності, що забезпечують, із заданою вірогідністю, класифікацію матеріалів по їхній чутливості до руйнування.

Розроблено експериментальний метод визначення чутливості зразків до руйнування за величинами повздовжньої і поперечної граничних деформацій, що доповнює запропоновану класифікацію матеріалів.

Отримали подальший розвиток закономірності та залежності технологічних параметрів процесу розділення сортового прокату комбінованим статико-динамічним навантаженням способом триточкової холодної ломки згином із застосуванням методів скінченних різниць та скінченних елементів, які враховують вплив попереднього статичного навантаження і жорсткості системи «прес-молот – оснастка – зразок» на хвильовий силовий режим розділення, що забезпечує плавний режим навантаження, недопущення порушення симетричності прикладення навантаження відносно концентратора напружень і отримання заготовок підвищеної геометричної точності. Встановлено, що комбіноване статико-динамічне навантаження дозволяє зменшити високочастотні коливання зразка та не допустити порушення контакту зразка з опорами. Більша частина енергії витрачається на зародження й в'язке підростання тріщини, тоді як енергія крихкого руйнування складає не більше (10...25)% від енергії розділення. Збільшення величини динамічної максимальної сили ломки, у порівнянні зі статичною, для досліджених матеріалів склало не більше 8%, за виключенням зразків із сталі 40Х (клас «пружно-пластичних» сталей) – більше 30%. Рекомендована величина статичної сили при комбінованому навантаженні – не менше 25% від сили ломки і збільшується зі зростанням жорсткості контакту рухомих деталей прес-молота, оснастки і зразка. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться у межах 5%.

Із застосуванням аналітичних методів та методу скінченних елементів розроблені залежності для розрахунку технологічних параметрів процесу розділення сортового і фасонного прокату на пресах з клиношарнірними механізмами нової конструкції, які забезпечують комбіноване навантаження і оптимальний графік зміни деформуючих зусиль, що дозволяє зменшити енергосилові параметри процесу розділення, шкідливі наслідки розвантаження пресу в кінці робочого ходу і підвищити жорсткість преса. Аналізом розробленої класифікації клиношарнірних механізмів виявлені клиношарнірні механізми з увігнутим клином, які забезпечують графік зміни сили на повзуні, максимально наближений до типового графіку розділення прокату та зменшення зони активної деформації преса у процесі технологічного навантаження, що дозволяє збільшити його жорсткість. Розроблені

математичні моделі розрахунку геометричних, кінематичних і силових параметрів обладнання з клиношарнірним механізмом з увігнутих клином, які дозволяють забезпечити найбільш сприятливий силовий режим навантаження, у тому числі за рахунок оптимальної траєкторії інструмента при застосуванні додаткового клина з постійним кутом нахилу до 10° для регулювання нахилу увігнутого клина. Порівняльний аналіз розрахункових параметрів ряду пресів запропонованої конструкції, отриманих із застосуванням математичних моделей, та паспортних даних типових сортових ножиців показав, що коефіцієнт використання пресів нової конструкції за зусиллям збільшується від (0,3...0,4) до (0,7...0,8), підвищується коефіцієнт корисної дії преса. Розбіжність результатів розрахунків, проведених аналітичними і графоаналітичними методами ТММ, а також результатів теоретичних і експериментальних досліджень не перевищує 8%.

Розроблені математичні моделі розрахунку геометричних, кінематичних і силових параметрів обладнання з клиношарнірним механізмом з увігнутих клином з поворотним ножом для розділення фасонного прокату комбінованим навантаженням, який забезпечує складний плоский рух інструмента, що є сполученим процесом відрізки зсувом і кручення та має високу жорсткість. Встановлено, що для забезпечення найбільш сприятливого силового і кінематичного режиму навантаження величина параметру, що визначає положення центру обертання шарніру механізму, повинна складати половину радіуса увігнутого клина. Енергосилові параметри процесу розділення несуттєво залежать від орієнтації прокату при його подачі у зону розділення і зменшуються на 20% у порівнянні з відомими конструкціями аналогічного обладнання. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень не перевищує 8%.

Розроблені залежності для розрахунків геометричних і силових параметрів процесу розділення трубного прокату комбінованим навантаженням з використанням кривошипно-кругового механізму, який відрізняються урахуванням високої жорсткості інструмента та його складного плоского руху у вигляді сполучення зсуву та кручення, що дозволяє зменшити енергосилові параметри процесу розділення та збільшити коефіцієнт використання пресів за зусиллям. Зі збільшенням величини ексцентриситету момент відрізки збільшується, кут повороту інструменту зменшується. Для забезпечення геометричної точності отриманих заготовок величину ексцентриситету рекомендується приймати в діапазоні (0,5 ... 1,5) товщини труби. Розбіжність результатів теоретичних і

експериментальних досліджень знаходиться у межах 8%.

Методами полів ліній ковзання і скінченних елементів встановлені залежності для розрахунків енергосилових параметрів та закономірності процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням за рахунок активних зусиль деформування пресом та реактивних зусиль пружної деформації технологічної системи, що дозволяє послідовно за один робочий хід виконувати операції «нанесення концентратора напружень – розділення» за схемами: «вдавлення клинового ножа – консольна ломка», «частковий зсув – консольна ломка», «частковий зсув – реверсний зсув».

Для схеми «вдавлення клинового ножа – консольна ломка» встановлено, що величина роботи вдавлення клинового ножа складає не більше 20% від роботи розділення прокату, тому енергії розвантаження преса в момент зняття технологічного навантаження достатньо для нанесення ефективного концентратора напружень. Виявлено, що кут клинового ножа слід вибирати у діапазоні $(25 \dots 40)^\circ$, а глибину вдавлення концентратора напружень – $(10 \dots 20)\%$ від розміру поперечного перерізу зразка. Варіант розділення прокату за схемою «частковий зсув – консольна ломка» виявився неефективним, оскільки потребує додаткового джерела енергії. Для відрізки за схемою «частковий зсув – реверсний зсув» порівнянням робіт нанесення концентратора напружень і розділення встановлено, що енергії розвантаження преса достатньо для реалізації даного способу. Сила і робота нанесення концентратора зі зростанням ходу ножа збільшуються на $(15 \dots 20)\%$, оскільки відбувається зсув відразу усього перерізу прокату після контакту з ножом. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень не перевищує 8%.

Отримали подальший розвиток залежності для розрахунків силових параметрів процесу розділення сортового прокату комбінованим навантаженням у штампах з диференційованим затиском прокату, які відрізняються врахуванням впливу величин кутів клинових механізмів штампу та контактного тертя при відрізці, що дозволяє призначити оптимальні параметри механізмів штампів, які забезпечують підвищення геометричної точності отриманих заготовок. Аналізом класифікацій конструкцій таких штампів та передніх упорів до них, виявлені конструктивні ознаки, які дозволили створити нові конструкції штампів з диференційованим затиском сортового прокату з високими техніко-економічними характеристиками. Установлено, що відношення сил затиску і відрізки прокату та коефіцієнт корисної

дії суттєво залежать від сил тертя на контактних поверхнях та геометричних параметрів штампів. Виявлені оптимальні значення кутів клинів передачі зусилля: на затиск $(27 \dots 30)^\circ$, на затиск і відрізу прокату – $(30 \dots 40)^\circ$. Адекватність теоретичних розрахунків підтверджена результатами експерименту. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень до 8%.

Практичне значення отриманих результатів:

- методики вибору, розрахунку та проектування процесів розділення за новими способами, рекомендації щодо вибору величин технологічних параметрів при комбінованій статико-динамічній ломці прокату, розділенні сортового і фасонного прокату з використанням клиношарнірних механізмів запропонованих конструкцій, кривошипно-кругових і кривошипно-кулісних механізмів та штампів з диференційованим затиском прокату;

- методики розрахунку геометричних, кінематичних та силових параметрів і проектування обладнання і оснастки: з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином для розділення сортового прокату, що дозволило спроектувати конструктивний ряд пресів із застосуванням цих механізмів; з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином з поворотним ножом та кривошипно-круговим механізмом для розділення фасонного і трубного прокату; штампів з диференційованим затиском прокату;

- нові способи розділення сортового прокату: спосіб триточкової холодної ломки згином при комбінованому статико-динамічному навантаженні; спосіб розділення з використанням енергії розвантаження преса в момент зняття технологічного навантаження. Способи дозволяють підвищити геометричну точність отриманих заготовок, стійкість і надійність обладнання. Новизна способів розділення підтверджена патентами України;

- нові конструкції обладнання і оснастки: прес-молоти статико-динамічного навантаження, преси з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином та з поворотним ножом, преси з кривошипно-круговим і кривошипно-кулісним механізмами, застосування яких забезпечує зменшення енергосилових параметрів, наслідків розвантаження пресів, збільшення коефіцієнтів корисної дії та використання пресів за зусиллям, штампи з диференційованим затиском прокату. Новизна запропонованих конструкцій захищена патентами України;

- методики і рекомендації підготовлені до впровадження, процеси та оснащення розділення апробовані і впроваджені у виробництво. Результати

досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі обробки металів тиском у вигляді лекційного матеріалу в рамках викладання дисциплін: «Теорія процесів ковальсько-штампувального виробництва», «Технологія ковальсько-штампувального виробництва», а також при виконанні проектних та практичних робіт студентами та магістрантами спеціальності 136 «Металургія» і підготовки аспірантів за спеціальностями 132 «Матеріалознавство» та 131 «Прикладна механіка».

6. Апробація результатів дисертації

Основні положення роботи, наукові та практичні результати доповідалися на міжнародних науково-технічних конференціях (МНТК), всеукраїнських науково-технічних конференціях (ВНТК), міжнародних науково-практичних конференціях (МНПК) та конференціях регіонального рівня, в тому числі: XIII МНТК «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском: матеріали» (Київ, 2023), МНТК «Сучасні матеріали, технології, обладнання й інструмент у машинобудуванні» (Київ, 2000); XII МНТК «Research and development in mechanical industry» – RaDMI (Сербія, 2012); МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта» (Київ, 2017, 2018); International scientific conference «MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education»: conference proceedings (Riga, 2023); XVI–XX МНТК «Досягнення і проблеми розвитку технологій і машин обробки тиском» (Краматорськ, 2000 – 2023); XIII, XIV МНПК «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» (Краматорськ, 2015, 2016); МНТК «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії» (Київ, 2018); МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта» (Київ-Херсон, 2019); XI МНТК «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії» (Харків, 2019); МНТК «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти» (Київ, 2020); VI МНТК «Сучасні технології промислового комплексу» (Херсон, 2020); МНТК «Теорія, технологія та машини обробки металів» (Кам'янське, 2020); МНТК «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» (Краматорськ, 2021, 2022, 2024); VII МНТК «Сучасні технології промислового комплексу» (Херсон, 2021); V МНТК «Зварювання та споріднені технології: перспективи розвитку» (Краматорськ, 2021); VIII МНТК «Перспективні технології, матеріали й обладнання в ливарному виробництві» (Краматорськ, 2021); XIII МНТК

«Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском» (Київ, 2023), VIII ВНТК «Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод» (Краматорськ – Тернопіль, 2024).

7. Оцінка змісту дисертації

Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновків, анотацій і 3 додатків, списку із 362 використаних джерел. Підсумовуючи оцінку змісту дисертації в цілому, можна відзначити, що поставлені в роботі задачі достатньо вирішені, розділи дисертації супроводжуються окремими висновками, що підсумовуються в загальних висновках дисертації і містять науково обґрунтовані дані, які дозволяють удосконалити ефективність процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату. Зміст і обсяг дисертаційної роботи «Розвиток наукових основ та удосконалення процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату на основі застосування способів комбінованого навантаження» має чітку структуру, супроводжується положеннями по обґрунтуванню значимості кожного розділу і пункту дисертації, а в тексті окремо зроблено акценти на нових результатах, що належать автору особисто.

8. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Карнауха С. Г. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

9. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 117 наукових праць, у тому числі:

- 1 монографію і 1 розділ у колективній монографії;
- 38 статей у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань;
- 11 статей у наукових періодичних виданнях інших держав з наряду, з якого підготовлено дисертацію, що включені до міжнародних наукометричних баз SCOPUS;
- 10 статей у виданнях, віднесених до першого – третього квартилів (Q1–Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;
- 30 патентів України на корисну модель;
- 23 тези та доповіді на наукових конференціях.

Монографії:

1. Карнаух С. Г. Совершенствование безотходных способов разделения сортового проката и оборудования для получения заготовок высокого качества : монография. Краматорск: ДГМА. 2010. 196 с., ISBN 978-966-379-463-1.

2. Karnaukh S. G., Markov O. E. Study of the process of breaking rolled steel by bending for stamping under impact and combined loading. «*MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education*». Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing. 2023. pp. 20–40, <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-382-8-2>.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз результатів, висновки.

Публікації у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних:

3. Karnaukh S. G., Karnaukh D. S. Research of the influence of deformation speed on energy and power adjectives of the process of three-point cold bend breaking and on alignment integrity of raw parts. *Metallurgical and Mining Industry*. 2011. 3. 3, pp. 107–114, <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84904025526&origin=resultslist> (Scopus, Q3).

Особистий внесок здобувача: розробка математичних моделей; аналіз результатів, висновки.

4. Markov O., Kosilov M., Panov V., Kukhar V., Karnaukh S., Ragulina N., Rizak P. Modeling and improvement of saddling a stepped hollow workpiece with a profiled tool. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*. 2019. 6/1(102), pp. 19–25, <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.183663> (Scopus, Q2).

Особистий внесок здобувача: аналіз результатів, висновки.

5. Karnaukh S. G., Markov O. E., Aliieva L. I., Kukhar V. V. Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2020. 109. 9–12, pp. 2457–2464, <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05824-7> (Scopus, Q1).

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, аналіз результатів, висновки.

6. Markov O., Panov V., Karnaukh S., Khvashchynskyi A., Zhytnikov R., Kukhar V., Kosilov M., Rizak P. Determining the deformed state in the process of rolling conical shells with a flange. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*. 2020.

6/1(108), pp. 34–41, <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216523> (Scopus, Q3).

Особистий внесок здобувача: аналіз результатів, висновки.

7. Karnaukh S. G., Chosta N. V., Markov O. E., Kukhar V. V. Development and research of the press operating mechanism, made in the form of the wedge-joint mechanism with a curving wedge for separation operations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2021. 116, pp. 3305–3314, <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07718-8> (Scopus, Q1).

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, математичні моделі, аналіз результатів, висновки.

8. Karnaukh S. G., Markov O. E., Kukhar V. V., Shapoval K. V. Research of the rolled stock separating into workpieces using breaking by bending with dynamic and static-dynamic force. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2022. 120, pp. 2763–2776, <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08902-0> (Scopus, Q1).

Особистий внесок здобувача: розробка математичних моделей; аналіз результатів, висновки.

9. Karnaukh S. G., Markov O. E., Kukhar V. V., Shapoval K. V. Classification of steels according to their sensitivity to fracture using a synergetic model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2022. 119, pp. 5277–5287, <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08653-y> (Scopus, Q1).

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, аналіз результатів теоретичних досліджень, розробка класифікації матеріалів щодо їх чутливості до руйнування та методики вибору безвідходного способу розділення сортового прокату із застосуванням синергетичних критеріїв руйнування.

10. Karnaukh S. G., Markov O. E., Shapoval A. A., Zubenko K. V. Development and research of the stamp for cutting of a rolled stock with a differentiated clamp. *FME Transactions*. 2022. 50 (4), pp. 674–682, <https://doi.org/10.5937/fme2204674K> (Scopus, Q2).

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка конструкцій штампів, математичних моделей та рекомендацій до проектування.

11. Karnaukh S. G., Markov O. E., Shapoval A. A., Hrudkina N. S. Selecting a cutting method for workpieces before stamping using synergetic fracture criteria and a deformability limit determination technique for separating processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2023. 129, pp. 5447–5455, <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12627-z> (Scopus, Q2).

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка методу вибору безвідходного способу розділення сортового прокату із застосуванням величин граничних деформацій, проведення експериментів, аналіз результатів, висновки.

12. Karnaukh S. G., Markov O. E., Lysenko A. A. Research on the new process of separating hollow work-piece by eccentric torsion cutting for stamping. *FME Transactions journal*. 2023. 52 (1), pp. 29–36, <https://doi.org/10.5937/fme2401029K> (Scopus, Q2).

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичної моделі, аналіз результатів, висновки.

Публікації у фахових виданнях України:

13. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Владимиров Э. А., Шоленинов В. Е. Исследование установки для отрезки сортового проката эксцентричным закручиванием. *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: Збірник наукових праць ДДМА*. Краматорськ. 2000. С. 419–423.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичної моделі, аналіз результатів, висновки.

14. Потапкин В. Ф., Роганов Л. Л., Сатонин О. В., Бегунов А. А., Карнаух С. Г. Математическое моделирование и расчет силовых параметров при совместном внедрении двух абсолютно жестких клиньев различных высот и углов при вершине. *Захист металургійних машин від поломок: Збірник наукових праць*. Маріуполь. 2000. 5. С. 209–216.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, аналіз результатів, висновки.

15. Карнаух С. Г. Анализ безотходных способов разделения сортового проката на мерные заготовки. *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: Збірник наукових праць*. Краматорськ–Слов'янськ. 2000. С. 400–403.

16. Карнаух С. Г., Бігунов О. О., Мучник О. Є. Дослідження процесу статико-динамічного навантаження зразків за схемою триточкового холодного ламання згином на прес-молотах. *Машинознавство*. 2000. 12. С. 31–36.

Особистий внесок здобувача: розробка математичних моделей; аналіз результатів, висновки.

17. Карнаух С. Г., Винников М. А. Экспериментальные исследования процесса трехточечной ломки изгибом. *Удосконалення процесів та обладнання обробки*

тиском у машинобудуванні та металургії: Збірник наукових праць. Краматорськ. 2001. С. 83–86.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз результатів, висновки.

18. Карнаух С. Г., Роганов Л. Л. Бегунов О. О. Дослідження нового способу поділу сортового прокату за схемою «зсув-ламання». *Машинознавство*. 2001. 6(48). С. 33–35.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

19. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г. Перспективные направления развития технологии и оборудования для разделения сортового проката на мерные заготовки. *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: Збірник наукових праць. Краматорськ. 2002. С. 201–205.*

Особистий внесок здобувача: аналіз сучасного стану безвідходних процесів розділення сортового і трубного прокату

20. Карнаух С. Г., Бегунов А. А., Винников М. А. Экспериментальные исследования силовых параметров процесса внедрения жесткого клиновидного инструмента в прокат. *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: Збірник наукових праць. Краматорськ–Хмельницький. 2002. С. 91–93.*

Особистий внесок здобувача: проведення експериментів, обробка та аналіз результатів, висновки.

21. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г. Разработка безотходных способов разделения сортового проката и оборудование для его реализации. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Збірник наукових праць. Краматорськ. 2003. С. 376–380.*

Особистий внесок здобувача: аналіз сучасного стану безвідходних процесів розділення сортового і трубного прокату

22. Карнаух С. Г., Винников М. А. Применение критериев разрушения материалов при выборе способа разделения сортового проката. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. ДДМА. Краматорськ – Слов'янськ. 2003. С. 329–337.*

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, визначення інформативності традиційних механічних характеристик та синергетичних

критеріїв руйнування, аналіз результатів, висновки.

23. Винников М. А., Карнаух С. Г. Выбор информативной системы критериев разделения материалов. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. ДДМА*. Краматорськ. 2004. С. 391–397.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, визначення інформативності традиційних механічних характеристик та синергетичних критеріїв руйнування, аналіз результатів, висновки.

24. Карнаух С. Г., Бегунов А. А., Добряк С. К., Винников М. А., Чоста Н. В. Экспериментальные исследования процесса трехточечной ломки проката изгибом при статическом и динамическом нагружении. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. ДДМА*. Краматорськ. 2005. С. 334–341.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз результатів, висновки.

25. Карнаух С. Г., Бегунов А. А., Добряк С. К., Чоста Н. В. Анализ процесса холодной ломки проката изгибом с перераспределением зон растягивающих и сжимающих напряжений по сечению проката. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. Краматорськ: ДДМА. 2005. 1. С. 53–56.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка способу розділення з перерозподілом зон напружень розтягання і стискання по перерізу прокату, висновки.

26. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Расчеты напряжений в зоне развития разрушающей трещины при холодной ломке изгибом. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. ДДМА*. Краматорськ. 2006. С. 327–331.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

27. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Разработка новых способов разделения сортового проката и оборудования для их реализации с использованием методики синтеза комбинированных методов обработки. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. Краматорськ: ДДМА. 2006. 1(3). С. 105–111.

Особистий внесок здобувача: розробка класифікацій безвідходних способів розділення та обладнання для їх реалізації з використанням засобів комбінаторики.

28. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Силовые характеристики безотходных процессов разделения сортового проката на мерные заготовки. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. ДДМА. Краматорськ. 2007. С. 247–252.*

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

29. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Чоста Н. В., Шоленинов В. Е. Исследование механизмов с переменной клиновидностью для технологических процессов обработки металлов давлением с максимальной начальной силой. *Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2008. 1(19). С. 342–347.*

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, математичні моделі, аналіз результатів, висновки.

30. Роганов Л. Л., Чоста Н. В., Карнаух С. Г. Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением. *Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2009. 2(21). С. 333–338.*

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, математичні моделі, аналіз результатів, висновки.

31. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. Определение предельной пластичности сортового проката при разделении способом ломки изгибом. *Вісник ДДМА. Краматорськ : ДДМА. 2010. 1(18). С. 257–261.*

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка методу вибору безвідходного способу розділення сортового прокату із застосуванням величин граничних деформацій, проведення експериментів, аналіз результатів, висновки.

32. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Разделение сортового проката больших поперечных сечений способом отрезки сдвигом. *Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2010. 2(23). С. 137–141.*

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

33. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. Совершенствование исполнительных механизмов машин для реализации разделительных операций. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганськ. 2011. 2(156). 2. С.27–33.*

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій

обладнання.

34. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. Исследование процесса разделения труб способом отрезки эксцентричным закручиванием. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2012. 1(30). С. 233–238.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання.

35. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. Анализ технологий и оборудования для разделения труб на мерные заготовки. Сообщение 1. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2013. 1(34). С.120–128.

Особистий внесок здобувача: розробка класифікацій безвідходних способів розділення та обладнання для їх реалізації.

36. Карнаух С. Г. Разработка оборудования для реализации нового способа «сдвиг-ломка» для разделения проката (труб) на мерные заготовки. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2016. 1(42). С. 250–258.

37. Федоринов В. А., Карнаух С. Г., Кулик А. Н. Разделение полос на мерные заготовки в условиях мелкосерийного производства *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2016. 2(43). С. 128–134.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка способу розділення з перерозподілом зон напружень розтягання і стискання по перерізу прокату, висновки.

38. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. Разработка новых конструкций оборудования и оснастки для разделения труб на мерные заготовки. Сообщение 2. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2013. 2(35). С.147–153.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичної моделі, аналіз результатів, висновки.

39. Карнаух С. Г. Разработка и исследование оборудования для разделения сортового проката на мерные заготовки. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2017. 1(44). С. 222–228.

40. Карнаух С. Г. Совершенствование оборудования для разделения сортового проката на мерные заготовки. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2017. 2(45). С. 154–160.

41. Karnaukh S. G. Development of the choice procedure for separation method of section iron complex criteria of materials destruction. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2017. 2(80). pp. 31-38, <https://doi.org/10.20535/2521->

1943.2017.80.113172.

42. Карнаух С. Г., Мироненко Е. В. Моделирование процесса разделения труб с использованием программного продукта Deform 3D. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2018. 2(47). С. 54–59.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

43. Карнаух С. Г. Экспериментальные исследования процесса разделения проката по схеме трехточечной холодной ломки изгибом при статико-динамическом нагружении. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2019. 1(48). С. 110–117.

44. Карнаух С. Г. Перспективні технології заготівельного виробництва та обладнання для їх реалізації. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2019. 2(49). С. 202–211, [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2019-2\(49\)202](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2019-2(49)202).

45. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Визначення енергосилових параметрів високошвидкісних машин з гідропружним приводом. *Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки металів у машинобудуванні та металургії. Збірник наукових праць*. Харків. 2020. 2(1356). С. 13–18.

Особистий внесок здобувача: розробка методів визначення енергосилових параметрів, обробка та аналіз результатів, висновки.

46. Карнаух С. Г. Дослідження енергосилових характеристик обладнання з гідропружним приводом. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2020. 1(50). С. 272–281, [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1\(50\)243](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2020-1(50)243).

47. Карнаух С. Г., Алієв І. С., Таган Л. В., Матвійчук В. А. Розробка штампів з диференційним затиском для різання заготовок під точне штампування. *Engineering, energy, transport: Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university*. Вінниця: ВНТУ. 2021. 112. 4(115). С. 66–74, <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2021-4>.

Особистий внесок здобувача: розробка конструкцій штампів, математичних моделей та рекомендацій до проектування, висновки.

48. Karnaukh S. G., Aliiev I. S. Research of process of division of grade rolling on the measured blanks by method of breaking bend at static and shock loading. *Engineering, energy, transport. Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university*. Вінниця: ВНТУ. 2021. 112. 1. С. 81–87, <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2021-1-10>.

Особистий внесок здобувача: розробка математичних моделей; аналіз

результатів, висновки.

49. Алієв І. С., Марков О. Є., Карнаух С. Г. Розробка та дослідження конструкцій штампів для розділення профілів складної конфігурації на мірні заготовки. *Обробка матеріалів тиском. Materials Working by Pressure*. Краматорськ: ДДМА. 2022. 1(51). С. 154–165, [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2022-1\(51\)154](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2022-1(51)154).

Особистий внесок здобувача: розробка конструкцій, математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

50. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Розробка перспективних технологій і конструкцій обладнання для безвідходного розділення прокату. *Обробка матеріалів тиском. Materials Working by Pressure*. Краматорськ: ДДМА. 2023. 1(52). С. 170–181, [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2023-1\(52\)170](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2023-1(52)170).

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

Патенти України на корисну модель:

51. Пат. 23759 Україна, В23D 31/00, В23D 23/00. Пристрій для поділу сортового прокату на мірні заготовки відрізкою зсувом. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. u200613705; заявл. 25.12.2006; опубл. 11.06.2007. Бюл. 8.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій компактних виконавчих механізмів.

52. Пат. 24635 Україна, В 23D 31/00, В23D 23/00. Пристрій для поділу сортового прокату на мірні заготовки відрізанням зсувом. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. u200701465; заявл. 12.02.2007; опубл. 10.07.2007. Бюл. 10.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій компактних виконавчих механізмів.

53. Пат. 51499 Україна, В23D 23/00, В23D 31/00. Пристрій для поділу сортового прокату способом ексцентричного закручування. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. u200911580; заявл. 13.11.2009; опубл. 26.07.2010. Бюл. 14.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій компактних виконавчих механізмів.

54. Пат. 51501 Україна, В23D 31/00, В23D 23/00. Пристрій для поділу сортового прокату на мірні заготовки способом ексцентричного закручування.

Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. u200911584; заявл. 13.11.2009; опубл. 26.07.2010. Бюл. №14.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій компактних виконавчих механізмів.

55. Пат. 62302А Україна, В21Н7/14. Пристрій для рифлення прокатних валків. Роганов Л. Л., Сатонин А. В., Карнаух С. Г., Бегунов А. А. 2003021808; заявл. 28.03.2003; опубл. 15.12.2003. Бюл. №12.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання.

56. Пат. 74204 Україна, В23D 23/00, В23D 31/00. Пристрій для відрізання трубчастих деталей від циліндричної труби. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Роганов М. Л., Карнаух Д. С. u201202787; заявл. 12.03.2012; опубл. 25.10.2012. Бюл. №20.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

57. Пат. 74405 Україна, В23D 23/00. Пристрій для холодної ломки труб. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. u201204703; заявл. 17.04.2012; опубл. 25.10.2012. Бюл. №20.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

58. Пат. 85225 Україна, В23D 31/00, В23D 23/00. Пристрій для холодної ломки труб. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. u201306948; заявл. 03.06.2013; опубл. 11.11.2013. Бюл. №21.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

59. Пат. 106828 Україна, В23D 27/00. Установка для ломки сортового прокату (труб). Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Чоста Н. В. u201510764; заявл. 05.11.2015; опубл. 10.05.2016. Бюл. №9.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

60. Пат. 107698 Україна, В23D 27/00. Спосіб ломки труб. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Чоста Н. В. u201510763; заявл. 05.11.2015; опубл. 24.06.2016. Бюл. №12.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання.

61. Пат. 111267 Україна, В30В1/00. Прес-молот з клиношарнірним механізмом з увігнутим клином. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Чоста Н. В., Коляденко А. В. u201603526; заявл. 04.04.2016; опубл. 10.11.2016. Бюл. №21.

Особистий внесок: розробка перспективних конструкцій обладнання.

62. Пат. 112669 Україна, В23D 31/00, В23D 23/00. Пристрій для ломки прокату згином. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. u201606662; заявл. 17.06.2016; опубл. 26.12.2016. Бюл. №24.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка способу розділення з перерозподілом зон напружень розтягання і стискання по перерізу прокату, висновки.

63. Пат. 116199 Україна, В23D 23/00, В21В 1/02. Спосіб розділення прокату. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. u201612115; заявл. 29.11.2016; опубл. 10.05.2017. Бюл. №9.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних способів розділення.

64. Пат. 116200 Україна, В23D 23/00. Спосіб ламання прокату (труб). Карнаух С. Г., Карнаух Д. С. u201612116; заявл. 29.11.2016; опубл. 10.05.2017. Бюл. №9.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка способу розділення з перерозподілом зон напружень розтягання і стискання по перерізу прокату, висновки.

65. Пат. 124778 Україна, В23D 31/00, В23D 33/08, В23D 33/10, В23D 36/00. Механізм упору до штампу для відрізки сортового прокату зсувом. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Літвиненко О. І. u201710245; заявл. 23.10.2017; опубл. 25.04.2018. Бюл. №8.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій передніх упорів до штампів з диференційованим затиском прокату.

66. Пат. 124822 Україна, В23D 31/00, В23D 23/00. Штамп для відрізки прокату. Карнаух С. Г. u201710702; заявл. 03.11.2017; опубл. 25.04.2018. Бюл. №8.

67. Пат. 125304 Україна, B23D 15/00. Пристрій для відрізки прокату. Карнаух С. Г. u201710707; заявл. 03.11.2017; опубл. 10.05.2018. Бюл. №9.

68. Пат. 130634 Україна, B23D 23/00. Спосіб ломання прокату. Карнаух С. Г. u201710207; заявл. 23.10.2017; опубл. 26.12.2018. Бюл. №24.

69. Пат. 134608 Україна, B23D 23/00. Клиновий прес. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. u201812759; заявл. 21.12.2018; опубл. 27.05.2019. Бюл. №10.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання.

70. Пат. 134609 Україна, B23D 23/00. Установка для розділення прокату. Карнаух С. Г. u201812760; заявл. 21.12.2018; опубл. 27.05.2019. Бюл. №10.

71. Пат. 134610 Україна, B23D 23/00. Пристрій для розділення прокату. Карнаух С. Г., Сидюк Д. М. u201812761; заявл. 21.12.2018; опубл. 27.05.2019. Бюл. №10.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання.

72. Пат. 134611 Україна, B23D 23/00. Установка для розділення прокату. Карнаух С. Г., Сидюк Д. М. u201812765; заявл. 21.12.2018; опубл. 27.05.2019. Бюл. №10.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання.

73. Пат. 135926 Україна, G01P3/66. Пристрій для вимірювання максимальної швидкості високошвидкісних машин. Карнаух С. Г. u201901481; заявл. 14.02.2019; опубл. 25.07.2019. Бюл. №14.

74. Пат. 142424 Україна, B23D 23/00. Клиновий прес. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. u201910277; заявл. 10.10.2019; опубл. 10.06.2020. Бюл. №11.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання.

75. Пат. 147482 Україна, B26D 7/00. Упор до штампу для розділення сортового прокату. Карнаух С. Г., Марков О. Є. u202007617; заявл. 30.11.2020; опубл. 12.05.2021. Бюл. №19.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій передніх упорів до штамів з диференційованим затиском прокату.

76. Пат. 147485 Україна, B26D 7/00. Упор до штампу для розділення сортового прокату відрізанням зсувом. Карнаух С. Г., Марков О. Є. u202007831; заявл. 08.12.2020; опубл. 12.05.2021. Бюл. №19.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій передніх упорів до штампів з диференційованим затиском прокату.

77. Пат. 147486 Україна, B23D 23/00, B23D 31/00. Гідродинамічний хладнолом для розділення труб на мірні заготовки. Карнаух С. Г., Марков О. Є., Чоста Н. В. u202007833; заявл. 08.12.2020; опубл. 12.05.2021. Бюл. №19.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

78. Пат. 148032 Україна, B26D 7/00. Упор до штампу для розділення сортового прокату. Карнаух С. Г., Марков О. Є. u202007832; заявл. 08.12.2020; опубл. 30.06.2021. Бюл. №26.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій передніх упорів до штампів з диференційованим затиском прокату.

79. Пат. 148741 Україна, B26D 7/00. Упор до штампу для розділення сортового прокату. Карнаух С. Г., Марков О. Є. u202007625; заявл. 30.11.2020; опубл. 15.09.2021. Бюл. №37.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій передніх упорів до штампів з диференційованим затиском прокату.

80. Пат. 154562 Україна, B23D 23/00. Клиновий прес для розділення прокату. Карнаух С. Г., Марков О. Є., Чоста Н. В. u202302171; заявл. 08.05.2023; опубл. 22.11.2023. Бюл. №47.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

Наукові праці апробаційного характеру:

81. Roganov L. L., Karnaukh S. G., Karnaukh D. S., Shevchenko E. P. Process research of pipes sectioning with flat knife. *12th International conference «Research and development in mechanical industry» RaDMI*. 2012. 2. pp. 862–865.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичної моделі, аналіз результатів, висновки.

82. Roganov L. L., Karnaukh S. G., Karnaukh D. S. Modelling of process of

reception of measured cut-to-length sections from rolled section steel of circular section according to the scheme of incompletely closed parting cut. *12th International conference «Research and development in mechanical industry» RaDMI*. 2012. 2. pp. 787–790.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

83. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Кравченко Р. А., Шоленинов В. Е. Ресурсосберегающее оборудование для заготовительного производства приборостроения. Тез. докл. междунар. конф. «Современные материалы. технологии. оборудование и инструмент в машиностроении». Киев. 2000. С. 63–64.

Особистий внесок здобувача: аналіз сучасного стану безвідходних процесів розділення сортового і трубного прокату

84. Карнаух С. Г. Дослідження процесу розділення труб способом відрізки ексцентричним закручуванням. *Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка. технологія та інженерна освіта»*. Київ. 2017. С. 111–113.

85. Карнаух С. Г. Методика вибору безвідходного способу поділу сортового прокату (труб) на мірні заготовки. *Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка. технологія та інженерна освіта»*. Київ. 2017. С. 181–183.

86. Карнаух С. Г. Разработка и исследование оборудования для разделения сортового проката на мерные заготовки. *Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості освіти»*. Київ. 2018. С.214–219.

87. Карнаух С. Г. Совершенствование механических способов разделения труб на мерные заготовки. *Тези доповідей X міжнародної науково-технічної конференції «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії»*. Київ. 2018. С.45–46.

88. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением. *Прогресивна техніка. технологія та інженерна освіта: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції*. Київ-Херсон. 2019. С. 90–92.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, математичні моделі, аналіз результатів, висновки.

89. Карнаух С. Г. Способ измерения максимальной скорости

высокоскоростных машин. *Тези доповідей XI міжнародної науково-технічної конференції «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії»*. Харків. 2019. С.68–69.

90. Karnaukh S. G. Research of the influence of deformation speed on energy and power adjectives of the process of three-point cold bend breaking. *Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції*. Київ. 2020. С. 413–415.

91. Karnaukh S. G. Development of the choice procedure for separation method sectional. *Сучасні технології промислового комплексу-2020 VI Міжнародної науково-технічної конференції*. Херсон. 2020. С. 113–116.

92. Карнаух С. Г., Бахтін І. Д. Розробка і дослідження штампів з диференційним затиском прокату. *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XIX Міжнародної науково-технічної конференції / за заг. ред. В. Д. Ковальова*. Краматорськ: ДДМА. 2021. С. 55–57.

Особистий внесок здобувача: розробка конструкцій штампів та рекомендацій до проектування.

93. Karnaukh S. G. Research of process of division of grade rolling on the measured blanks. *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XIX Міжнародної науково-технічної конференції / за заг. ред. В. Д. Ковальова*. Краматорськ: ДДМА. 2021. С. 5–6.

94. Karnaukh S. G., Chosta N. V., Markov O. E., Rizak P. I. Research of the press operating mechanism made in the form of the wedge-joint mechanism with a curving wedge for separation operations. *Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу 2021»*. Херсон: ХНТУ. 2021. 7. С. 39–41.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, математичні моделі, аналіз результатів, висновки.

95. Karnaukh S. G. Research of the influence of deformation speed on energy and power adjectives of the process of bend breaking. *Тези доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції «Зварювання та споріднені технології: перспективи розвитку»*. Краматорськ: ДДМА. 2021. С. 35–37.

96. Karnaukh S. G., Chosta N. V. The use classifier of material facture criteria. *Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції «Перспективні технології. матеріали й обладнання в ливарному виробництві»*. Краматорськ:

ДДМА. 2021. С. 158–159.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, визначення інформативності традиційних механічних характеристик та синергетичних критеріїв руйнування, аналіз результатів, висновки.

97. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Розробка допоміжних пристроїв до штампів для відрізки сортового прокату зсувом з диференційним затиском. *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції* / за заг. ред. В. Д. Ковальова. Краматорськ-Тернопіль: ДДМА. 2022. С. 80–82.

Особистий внесок здобувача: розробка конструкцій штампів, висновки.

98. Алієв І. С., Марков О. Є., Карнаух С. Г. Розробка штампів для розділення профілів складної конфігурації. *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції* / за заг. ред. В. Д. Ковальова. Краматорськ-Тернопіль: ДДМА. 2022. С. 25–27.

Особистий внесок здобувача: розробка конструкцій та аналіз результатів, висновки.

99. Karnaukh S. G. Study of the stamp for cutting bar sections with a differentiated clamp. *Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском: матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції*. Київ. 2023. С. 15–18.

100. Karnaukh S. G., Markov O. E., Aliiev I.S. Study of the rolled stock separating into workpieces using breaking by bending with static-dynamic loading. *International scientific conference «MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education»*. Riga, Latvia : «Baltija Publishing». 2023. 1. pp. 40–43, <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-11>.

Особистий внесок здобувача: розробка математичних моделей; аналіз результатів, проведення експериментальних досліджень, обробка та аналіз результатів, висновки.

101. Karnaukh S. G. The use of a neural network classifier of material fracture criteria for the rational choice of the method for separating bar. *Перспективні технології, матеріали й обладнання в ливарному виробництві. Матеріали IX міжнародної науково-технічної конференції* / під заг. ред. А. М. Фесенка, М. А. Турчаніна. Краматорськ : ДДМА. 2023. С. 172–174.

102. Karnaukh S. G., Chosta N. V. Study of the equipment for cutting by breaking of rolled metal. *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку.*

Матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції / за заг. ред. В. Д. Ковальова. Краматорськ–Тернопіль: ДДМА. 2024. С. 10–13, ISBN 978-617-7889-70-9.

Особистий внесок здобувача: аналіз сучасного стану безвідходних процесів розділення сортового і трубного прокату

103. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Розробка обладнання з клиношарнірним приводом для операцій розділення сортового і трубного прокату. Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції / за заг. ред. О. Ф. Тарасова. Краматорськ–Тернопіль: ДДМА. 2024. С. 11–14, ISBN 978-617-7889-73-0.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, математичні моделі, аналіз результатів, висновки.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

104. Karnaukh S. G. Studying the process of static-dynamic loading of a preform according to the scheme of three-point breaking by bending in press-hammers. *Kuznechno-Shtampovochnoe Proizvodstvo. Obrabotka Metallov Davleniem*. 2001. 2. С. 8–12, [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035763635&origin=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0035763635&origin=resultslist) resultslist (Scopus)

105. Карнаух С. Г., Шоленинов В. Е. Разработка процесса безотходной отрезки сортового проката эксцентричным закручиванием. *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії: Збірник наукових праць*. Краматорськ. 2001. С. 244–246.

Особистий внесок здобувача: розробка математичних моделей; аналіз результатів, висновки, розробка перспективних конструкцій обладнання.

106. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г. Современные подходы к реализации способа холодной ломки изгибом проката на мерные заготовки. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр.* ДДМА. Краматорськ-Слов'янськ. 2003. С. 313–322.

Особистий внесок здобувача: розробка класифікацій безвідходних способів розділення та обладнання для їх реалізації.

107. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Жуков М. Б., Бегунов А. А., Ланкин П. Ю. Выбор параметров экспериментальных устройств для резки металла водяной струей с примесью частиц абразива. *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском*

у металургії і машинобудуванні: Збірник наукових праць. Краматорськ. 2003. С. 460–470.

Особистий внесок здобувача: аналіз сучасного стану безвідходних процесів розділення сортового і трубного прокату

108. Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Доброносков Ю. К., Бегунов А. А. Устройство для рифления прокатных валков. Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Збірник наукових праць. Краматорськ. 2003. С. 101–103.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, аналіз результатів, висновки.

109. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Чоста Н. В. Разработка оборудования для отрезки сортового проката (труб). Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2014. 1(38). С. 210–214.

Особистий внесок здобувача: розробка класифікацій безвідходних способів розділення та обладнання для їх реалізації.

110. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Чоста Н. В. Разработка прогрессивных способов и конструкций оборудования для разделения сортового проката (труб) на мерные заготовки. Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2015. 1(40). С. 59–68.

Особистий внесок здобувача: розробка класифікацій безвідходних способів розділення та обладнання для їх реалізації з використанням засобів комбінаторики.

111. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Чоста Н. В. Разработка оборудования для разделения сортового проката (труб) на мерные заготовки с применением нитинола. Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2015. 2(41). С. 323–327.

Особистий внесок здобувача: розробка перспективних конструкцій обладнання і оснастки для реалізації безвідходних способів розділення сортового і трубного прокату.

112. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Чоста Н. В., Коляденко А. В. Разработка специализированного оборудования статико-динамического действия для разделения проката (труб) на мерные заготовки. Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2016. 2(43). С. 152–160.

Особистий внесок здобувача: розробка математичних моделей; аналіз результатів, висновки.

113. Карнаух С. Г., Карнаух Д. С., Таровик Н. Г., Чоста Н. В. Моделирование процессов разделения сортового проката на мерные заготовки. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2016. 2(43). С. 41–45.

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, розробка математичних моделей, обробка та аналіз результатів, висновки.

114. Карнаух С. Г. Исследование процесса разделения труб способом отрезки эксцентричным закручиванием. *Республиканский научный журнал «Вестник Карагандинского государственного индустриального университета»*. Караганда: КГИУ. 2018. 2 (21). С. 222–228.

115. Карнаух С. Г. Розробка та дослідження перспективних схем поділу труб на мірні заготовки. *Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university*. Вінниця: ВНАУ. 2021. 112. 1. С. 30–37, <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2021-1-4>.

116. Карнаух С. Г. Підвищення якості заготовок, отриманих способом ломки згином при статико-динамічному навантаженні на прес-молоті. *Обробка матеріалів тиском. Materials Working by Pressure*. Краматорськ: ДДМА. 2022. 1(51). С. 123–133, [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2022-1\(51\)123](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2022-1(51)123).

117. Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Розробка допоміжних пристроїв до штампів для відрізки сортового прокату зсувом з диференційним затиском. *Обробка матеріалів тиском. Materials Working by Pressure*. Краматорськ : ДДМА. 2022. 1(51). С. 188–195, [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2022-1\(51\)3](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2022-1(51)3).

Особистий внесок здобувача: розробка класифікації та перспективних конструкцій передніх упорів до штампів з диференційованим затиском прокату.

Якість та кількість публікацій відповідають «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук».

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Карнауха С. Г. «Розвиток наукових основ та удосконалення процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату на основі застосування способів комбінованого навантаження», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, є кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, за своїм науковим рівнем, практичною та теоретичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам п.7 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», що їх пред'являють до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском».

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу «Розвиток наукових основ та удосконалення процесів безвідходного розділення сортового і трубного прокату на основі застосування способів комбінованого навантаження», подану Карнаухом С. Г. на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, до захисту у спеціалізованій раді Д 26.002.32 за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском».

Голова семінару, д-р техн. наук, професор,
зав. кафедрою «Автоматизація виробничих процесів» ДДМА

 Олег МАРКОВ

Рецензент,
д-р техн. наук, професор



Валерій КАССОВ

Рецензент,
д-р техн. наук, професор



Едуард ГРИБКОВ

Рецензент,
д-р техн. наук, професор



Пейман АБХАРІ