

О. В. Горик, Р. Є. Черняк, А. М. Чернявський, О. М. Брикун

ДРОБОСТРУМИННЕ ОЧИЩЕННЯ

Теорія і практика

За редакцією О. В. Горика, доктора технічних наук, професора

Монографія

Полтава 2021

УДК 621.924.9
ББК 34.637

РЕЦЕНЗЕНТИ:

- Зіньковський А. П.,** член-кориспонтент НАНУ, доктор технічних наук, професор (Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренко, м. Київ)
- Анділахай О. О.,** доктор технічних наук, професор (Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь)
- Солових Є. К.,** доктор технічних наук, професор (Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький)

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавської державної аграрної академії (протокол №1 від 24 вересня 2020 р.)

Горик О. В., Черняк Р. Є., Чернявський А. М., Брикун О. М.
ДРОБОСТРУМИННЕ ОЧИЩЕННЯ. Теорія і практика / [За редакцією О. В. Горика, доктора технічних наук, професора].
Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2021. 326 с.

У роботі розглядаються основні механічні і технологічні закономірності процесу дробоструминного очищення, яке широко застосовується для підготовки поверхонь обезжирених металевих виробів перед нанесенням захисних покриттів і зміцнення поверхневих контактних шарів деталей машин.

Викладені аналітично-експериментальні підходи до можливого розв'язання окремих задач дробоструміння супроводжуються як тематичними прикладами для практичного використання отриманих результатів, так і комплексним прикладом визначення оптимальних режимів і техніко-економічних показників процесу очищення.

Робота розрахована на дослідників процесу дробоструминного очищення, спеціалістів, які займаються розробкою технологічних процесів, проектуванням і експлуатацією засобів технологічного забезпечення для механічного дробоструминного очищення металевих поверхонь та студентів машинобудівного профілю.

ISBN 978-617-7915-32-3
© Колектив авторів, 2021

Вид-во ПП «Астроя», Полтава, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	9
1.1. Основи процесу підготовки поверхонь	9
1.1.1. Характеристика вихідної поверхні.....	9
1.1.2. Теорії зчеплення	12
1.1.3. Способи підготовки.....	14
1.2. Дробоструминне очищення	17
1.2.1. Сутність дробоструминної обробки.....	17
1.2.2. Вимоги до очищеної сталевий поверхні.....	20
1.2.3. Дробоструминний пристрій нагнітального типу	26
1.2.4. Дробоструминний пристрій всмоктувального типу.....	28
1.2.5. Сфера застосування	30
1.2.6. Технічний дріб	31
1.2.7. Дробоструминні сопла	35
1.2.8. Енергоносії	38
1.2.9. Здійснення дробоструминного очищення	44
1.2.10. Енергоємність процесу.....	52
2. ШВИДКІСНІ ПОКАЗНИКИ.....	55
2.1. Швидкість руху дробинки на вертикальних ділянках гумовотканинного рукава.....	55
2.2. Швидкість руху дробинки на горизонтальних ділянках гумовотканинного рукава.....	60
2.3. Витікання стислого повітря з дробоструминного сопла	62
2.4. Швидкість вильоту дробинки з дробоструминного сопла	69
2.5. Швидкість руху дробинки в атмосфері навколишнього повітря.....	71
3. ОКРЕМІ ПИТАННЯ ТЕОРІЇ ПРОЦЕСУ.....	79
3.1. Моделювання взаємодії дробинки з оброблюваною поверхнею	80
3.1.1. Вихідні положення	81
3.1.2. Пружно-пластична модель деформування поверхневого шару	88
3.1.3. Визначення коефіцієнта пружно-пластичності.....	96
3.1.4. В'язко-пружна модель деформування поверхневого шару	100
3.2. Практичні результати досліджень.....	114
3.3. Механізм руйнування поверхневого шару оброблюваної поверхні.....	119
3.4. Параметри руху атакуючої дробинки	126

3.5. Розподіл кінетичної енергії дробинок	138
3.6. Теплові явища	144
3.7. Магнітні явища	150
4. ЯКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ.....	152
4.1. Параметри шорсткості	152
4.2. Основи напруженого стану поверхневого шару	161
4.3. Шаржування поверхні.....	167
4.4. Методика проведення експериментальних досліджень впливу на стан поверхонь ударної дії дробинок	172
4.4.1. Перший етап досліджень. Твердість і мікроструктура поверхневого шару	172
4.4.2. Другий етап досліджень. Якість поверхневого шару	183
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	196
5.1. Продуктивність дробоструминного очищення	196
5.2. Вибір фракційного складу дробу	201
5.3. Визначення довжини факела	206
5.4. Визначення кута атаки	214
5.5. Економічна стійкість дробу	228
5.6. Коефіцієнт корисної дії дробоструминного очищення	233
5.7. Визначення економічно вигідної швидкості атаки.....	240
5.8. Встановлення граничної швидкості атаки при дробоструминному очищенні	244
5.9. Взаємозв'язок технологічних параметрів дробоструминного очищення.....	247
5.10. Алгоритм визначення оптимальних технологічних режимів ...	253
6. ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ДРОБОСТРУМИННОГО ОЧИЩЕННЯ.....	262
6.1. Стан і причини	262
6.2. Технологія процесу очищення	266
6.3. Обґрунтування технічних і технологічних рішень.....	270
6.4. Приклади виконання	281
6.4.1. Технологічний комплекс.....	281
6.4.2. Автоматичний маніпулятор.....	286
6.4.3. Самохідний автоматичний маніпулятор.....	295
6.5. Основні принципи побудови	301
7. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ.....	305
ЛІТЕРАТУРА.....	313

ВСТУП

Дробоструминне очищення досить поширений технологічний процес абразивної обробки поверхонь виробів вільними металевими гранулами (дробинками), широко застосовується в різних галузях машинобудування для підготовки знежирених поверхонь металевих деталей перед нанесенням захисних покриттів. При цьому відбувається не тільки видалення окисних плівок і різних механічних забруднень, але і формування необхідної шорсткості, та активування поверхні.

Відомо, що деякі захисні неметалеві покриття, наприклад керамічні, склоподібні, полімерні та інші забезпечують працездатність деталей машин з вуглецевих сталей в умовах хімічного впливу агресивного технологічного середовища при підвищеній температурі краще, ніж високолеговані сталі і сплави, які є досить дорогими. У зв'язку з цим вивчення впливу дробоструминного очищення на якість оброблюваної металевої поверхні набуває великого технологічного значення.

Дробоструминне очищення характеризується масовим імпульсивним впливом потоку абразивних частинок (дробинок) на оброблювану поверхню, які розганяються до певної швидкості за допомогою стиснутого повітря через спеціально спрофільовані канали – сопла. В результаті абразивного впливу потоку дробинок оброблювана поверхня знежирених деталей машин очищається від окалини, іржі, пригару, формувальної землі, зварювального флюсу, механічних і окисних забруднень, а на очищеній поверхні формується рівномірна шорсткість. При цьому оброблена поверхня активується, що істотно впливає на міцність зчеплення захисного покриття з металевою основою.

Абразивна обробка поверхонь конструктивних матеріалів на практиці використовується давно і широко. Багато досліджень присвячені зношуванню твердих поверхонь при терті, а також обробці при ударі для отримання регулярних поверхневих мікроструктур, що досягається різними методами. Одним з перспективних напрямків є струминно-абразивна, зокрема дробоструминна, обробка, що привернула увагу багатьох дослідників. Результати вивчення цього процесу частіше отримані на моделі взаємодії окремої дробинки (індентора) з оброблюваною поверхнею без узагальнення на технологічні параметри процесу.

Однак, незважаючи на досить широке промислове використання, технологічно гнучке дробоструминне очищення до теперішнього часу

залишається мало вивченим технологічним процесом абразивної обробки. Відомі дослідження процесу дробоструминного очищення носять не системний і нерідко суперечливий характер. Це можна пояснити складністю фізичних явищ процесу і різноманітністю технологічних параметрів, а також недостатньою увагою з боку дослідників.

У зв'язку з цим залишаються недостатньо дослідженими багато закономірностей процесу дробоструминного очищення, які зокрема, стосуються:

- фізичної сутності явищ, які відбуваються при контакті дробинки з оброблюваною поверхнею;
- механізму руйнування поверхневого шару оброблюваного металевих виробів;
- взаємозв'язку технологічних параметрів і впливу технологічних режимів на якість оброблюваної поверхні, зокрема на міру її шар-жування осколками дробу;
- методики визначення оптимальних технологічних режимів;
- стійкості абразивних зерен і багатьох інших питань процесу абразивної обробки.

Природно, що перераховані невирішені завдання помітно стримують автоматизацію і механізацію процесів дробоструминного очищення, які характеризуються трудомісткими і небезпечними умовами роботи для людини. Особливо несприятливими умовами роботи характеризується дробоструминне очищення внутрішньої поверхні порожнистих великогабаритних виробів типу тіл обертання, якими є корпуси біологічних, хімічних, харчових апаратів, а також сільськогосподарських резервуарів, коли людині доводиться працювати в порожнині виробу.

Несприятливі умови роботи при дробоструминному очищенні полягають у тому, що дробинки атакують оброблювану поверхню із швидкістю $v = 100 \dots 200 \text{ м/с}$ і при коефіцієнті її відновлення для сталі $k_g = 0,5 \dots 0,6$ дробинки, які рикошетують з великою швидкістю, можуть серйозно травмувати людину. До того ж дробоструминне очищення створює велику запиленість навколишнього повітряного середовища (більше 10 мг/м^3 пилу в об'ємі камери) і супроводжується підвищеним шумом, рівень інтенсивності якого перевершує 90 дБ . Тому оператори, які здійснюють операцію очищення вручну, працюють в спеціальних захисних скафандрах, куди подають свіже повітря.

Однак, у порівнянні з іншими способами очищення вільних поверхонь металевих деталей, як наприклад, фізичними, хімічними, термічними, фізико-хімічними та іншими, дробоструминне очищення має цілу низку істотних переваг. До них відносяться простота і надійність технологічного обладнання для здійснення операції очищення, значно менше

споживання енергії і, що найголовніше, вона не призводить до забруднення навколишнього середовища. Тому дробоструминна обробка вільними абразивними гранулами з метою очищення отримала найбільш широке поширення в машинобудуванні, як основна технологічна операція підготовки вільних поверхонь металевих виробів, особливо великогабаритних, перед нанесенням захисних неметалевих покриттів.

Машинобудівні заводи, які виробляють ємнісну апаратуру з захисними неметалевими покриттями відчують крайню потребу в технічних пропозиціях по механізації і автоматизації процесу дробоструминного очищення, які дозволили б зробити працю чистильника металу продуктивною, престижною і значущою. Корпуси ємнісних апаратів, які виготовляють переважно з низьковуглецевих сталей 08 або 10, піддаються перед дробоструминним очищенням термічній обробці в режимі нормалізаційного відпалу. Така обробка дозволяє знежирити, зняти внутрішні напруження і знеуглецювати поверхневий шар, що позитивно відбивається на міцності зчеплення ґрунтового шару захисного неметалевого покриття з металевою основою. Однак в процесі термічної обробки в окислювальній атмосфері, тобто повітрі, поверхня виробів покривається окалиною, яку необхідно видалити, а на очищеній поверхні сформувати рівномірну шорсткість. Слід зауважити, що термічна обробка в інертній атмосфері, яка не призводить до утворення окалини, є досить дорогим і практично нездійсненим заходом для великогабаритних виробів.

У зв'язку з цим, зважаючи на потреби машинобудівних заводів, проведені деякі наукові дослідження процесу дробоструминного очищення деталей машин, виготовлених з низьковуглецевої сталі і які пройшли нормалізаційний відпал.

У даній роботі викладені експериментально-аналітичні підходи до можливого рішення окремих завдань дробоструминного очищення, які супроводжуються як тематичними прикладами для практичного використання отриманих результатів, так і комплексним прикладом визначення технологічних і техніко-економічних показників процесу.

Зокрема, авторами приділено увагу експериментальному дослідженню основних технологічних режимів дробоструминного очищення металевих поверхонь, що дозволило обґрунтувати:

- швидкісні показники процесу, як-то: швидкість руху дробинок на вертикальних ділянках гумовотканинного рукава, швидкість руху дробинок на горизонтальних ділянках гумовотканинного рукава, витікання стиснутого повітря з дробоструминного сопла, швидкість вильоту дробинок з дробоструминного сопла, швидкість руху дробинок в атмосфері навколишнього повітря;
- фізичні основи процесу: взаємодія дробинки з оброблюваної по-

верхнею, механізм руйнування поверхневого шару оброблюваної деталі, розподіл кінетичної енергії дробу і, в деякій мірі, теплові та магнітні явища, які супроводжують дробоструминне очищення;

- якість обробленої поверхні, зокрема шорсткість поверхні після дробоструминного очищення, залишкові напруження, шаржування оброблюваної поверхні осколками технічного дробу, твердість і мікроструктура поверхневого шару;
- техніко-економічні показники процесу, якими є продуктивність дробоструминного очищення, фракційний склад технічного дробу, довжина факела, що визначає швидкість атаки, кут атаки, економічна стійкість технічного дробу, коефіцієнт корисної дії дробоструминного очищення.

При цьому слід зазначити, що автори спиралися на власні дослідження процесу дробоструминного очищення і власний досвід створення технологічних комплексів для очищення корпусів хімічних апаратів, а також на інформаційні матеріали вітчизняних і зарубіжних дослідницьких лабораторій і спеціальних конструкторських бюро, зайнятих вирішенням подібних проблем. Автори не претендують на глибокі аналітичні дослідження окремих фізичних процесів ударної взаємодії тіл, зупинившись на вирішенні практичних завдань, що виникають при підготовці металевих поверхонь для нанесення на них захисного неметалевого покриття.

Автори висловлюють велику вдячність рецензентам книги член-кориспонденту НАНУ, д.т.н., професору Анатолію Зінковському, д.т.н., професору Олександру Анділахаю, д.т.н., професору Євгену Солових за цінні пропозиції щодо змісту та оформлення роботи, колегам доцентам Станіславу Ковальчуку і Анатолію Ландарю за допомогу в отриманні деяких аналітичних і експериментальних даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Arifvianto B., Mahardika M., Urip Agus Salim & Suyitno. Comparison of Surface Characteristics of Medical-grade 316L Stainless Steel Processed by Sand-blasting, Slag Ball-blasting and Shot-blasting Treatments. *J. Eng. Technol. Sci.* 2020. Vol. 52, № 1. P. 1–13.
2. Bitter J. G. A. A study of erosion phenomena. Wear. Part I and Part II. 1963. Vol. 6. P. 5–21, 169–190.
3. Chen J., Desai D., Heyns S., Pietra F. Literature review of numerical simulation and optimisation of the shot peening process. *Advances in Mechanical Engineering*. 2019, Vol. 11(3). P. 1–19.
4. Choia D., Kimb T., Yangc C., Namd J., Parkd J. Discrete element method and experiments applied to a new impeller blade design for enhanced coverage and uniformity of shot blasting. *Surface & Coatings Technology*. 2019. Vol. 367. P. 262–270.
5. Frija M., Hassine T., Fathallah R., Bouraoui C., Dogui A. Finite element modelling of shot peening process : Prediction of the compressive residual stresses, the plastic deformations and the surface integrity. *Materials Science and Engineering : A*. 2006. № 426. P. 173–180.
6. Gorik A. V., Zinkovskii A. P., Chernyak R. E., Brikun A. N. Elastoplastic Deformation of the Surface Layer of Machinery Constructions on Shot Blasting. *Strength of Materials*. 2016. Vol. 48, № 5. P. 650–657.
7. Goryk A., Koval'chuk S., Brykun O., Chernyak R. Viscoelastic Resistance of the Surface Layer of Steel Products to Shock Attack of a Spherical Pellet. *Key Engineering Materials*. 2020. Vol. 864. P. 217–227.
8. Kirk D. Actual and predicted shot peening indentations. *The shot peener*. 2004. P. 24–28.
9. Kubler R., Berveiller S., Bouscaud D., Guiheux R., Patoor E., Puydt Q. Shot peening of TRIP780 steel : experimental analysis and numerical simulation. *Journal of Materials Processing Technology*. 2019. P. 182–194.
10. Lebedenko V. The mathematical description of process of formation of geometrical parameters of the superficial layer and hardening at processing details in fraction. *Vestnik of Don State Technical University*. 2008. № 8. P. 202–212.
11. Li Z., Yang F., Liu Y., Gao Y. Numerical simulation of derusting treatment of steel parts by shot blast. *CMES-Computer Modeling in Engineering & Sciences*. 2019. Vol. 120, № 1. P. 157–175.
12. Zhang C., Li F., Wang B. Estimation of the elasto-plastic properties of metallic materials from micro-hardness measurements. *Journal of Materials Science*. 2013. № 48. P. 4446–4451.
13. А. с. 942982 СССР, МКИ В25J 11/00. Манипулятор / Л. Н. Кошельникова, В. В. Серик, А. Н. Чернявский, В. И. Деркач. № 2998131 ;

заявл. 01.09.1980 ; опуб. 15.07.1982, Бюл. № 26.

14. А. с. 1077782 СССР, МКИ В25J 11/00. Манипулятор / А. Н. Чернявский, В. В. Серик, В. И. Деркач, В. Ф. Листопад, Г.М. Подгорбунский, Н.А. Кочетов. № 3519009 ; заявл. 08.12.1982 ; опубл. Бюл. № 26.
15. Абрамов Ю. И. Соударение твердых частиц пыли с преградой из упругопластического материала. *Трение и износ*. 1987. Т. 8, № 1. С. 83–94.
16. Аверченков В. И. Технология машиностроения. Москва : Инфра-М, 2006. 288 с.
17. Автоматичний маніпулятор для дробеструменевого очищення : пат. 78574 Україна : МПК В25J 11/00. № u 2012 10432 ; заявл. 03.09.2012 ; опубл. 25.03.2013, Бюл. № 6.
18. Альтшуль А. Д., Животовский Я. С., Иванов Л. Н. Гидравлика и аэродинамика. Москва : Стройиздат, 1987. 414 с.
19. Андилахай А. А. Абразивная обработка деталей затопленными струями. Мариуполь : ПГТУ, 2006. 190 с.
20. Андилахай А. А. Оценка энергетического баланса абразивной обработки деталей затопленными струями. *Качество, стандартизация, контроль : теория, практика* : материалы 11-ой Междунар. научно-практич. конф. Киев–Ялта : АТМ Украины, 2011. С. 9–12.
21. Андилахай А. А. Технологические возможности абразивной обработки деталей затоплениями струями. *Вісник НТУ «ХПІ»* : зб. наук. праць. Харків : НТУ «ХПІ». 2010. № 49. С. 140–143.
22. Андилахай А. А., Новиков Ф. В. Теоретические и экспериментальные исследования динамики струйно-абразивной обработки. *Вісник Приазовського державного технічного університету* : зб. наук. праць. Серія : Технічні науки. Маріуполь : ПДТУ, 2010. Вип. 20. С. 206–216.
23. Аппен А. А. Температурустойчивые неорганические покрытия. Ленинград : Химия, 1976. 296 с.
24. Безъязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. Расчет режимов резания. Рыбинск : РГАТА, 2009. 185 с.
25. Биргер И. А. Остаточные напряжения. Москва : Машгиз, 1963. 232 с.
26. Богомоллов Н. И. Исследование деформации металла при абразивных процессах под действием единичного зерна. *Труды ВНИИАШ*. 1968. № 7. С. 74–88.
27. Брикун О. М., Черняк Р. Є., Горик О. В. Методика проведення експериментальних досліджень впливу на стан металевих поверхонь ударної дії дробинки. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 257–268.

28. Брикун О. М. Удосконалення технології дробоструминного очищення внутрішніх поверхонь корпусних виробів типу тіл обертання: дис. ... к-та техн. наук : 05.02.08 / Луцький нац. техн. ун-т. Луцьк, 2021. 196 с.
29. Ван Флек Л. Теоретическое и прикладное материаловедение. Пер. с англ. Москва : Атомиздат, 1975. 472 с.
30. Визначення оптимальних технологічних режимів дробеструменевого очищення металевих поверхонь / Горик О. В., Чернявський А. М., Ландар А. А., Шулянський Г. А. Полтава : ПДАА, 2012. 101 с.
31. Виноградов В. Н., Сорокин Т. М., Колокольников М. Г. Абразивное изнашивание. Москва : Машиностроение, 1990. 224 с.
32. Виноградов В. Н., Сорокин Г. М., Албагачиев А. Ю. Изнашивание при ударе. Москва : Машиностроение, 1982. 192 с.
33. Влияние способов подготовки поверхностей на качество стеклоэмалевых покрытий / Сорокин В. М. и др. *Химическое и нефтяное машиностроение*. 1977. № 9. С. 33–34.
34. Влияние упрочнения на характеристики упругопластического контакта микронеровностей поверхностей / Болотов А. Н. и др. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2013. Т. 15. № 4. С. 313–315.
35. Волков Д. А., Мельников А. П., Волков А. Д., Гурченко П. С. Технологии производства литой дроби из железоуглеродистых сплавов ОАО «БЕЛНИИЛИТ». *Литье и металлургия*. 2012. № 3. С. 53–57.
36. Вульф А. М. Резание металлов. Ленинград : Наука, 1973. 496 с.
37. Герасименко А. А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Москва : Машиностроение, 1987. Том 1. 688 с, Том 2. 784 с.
38. Герберт Г., Уинстон Р. Коррозия и борьба с ней. Пер. с англ. Ленинград : Химия, 1989. 454 с.
39. Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел. Москва : Стройиздат, 1965. 447 с.
40. Горанский Г. Г., Толстяк Э. Н., Саранцев В. В. Разработка технологий и оборудования для подготовки поверхности в УП «Технопарк БНТУ «Метолит». *Литье и металлургия*. 2006. № 1. С. 165–169.
41. Горбунов Н. И., Ковтанец М. В., Цыгановский И. А., Крошко М. Н., Левандовский В. А. Математическая модель процесса взаимодействия единичной абразивной частицы с очищаемой поверхностью рельса. *Вісник СНУ ім. В. Даля*. 2011. № 4, ч. 2. С. 38–45.
42. Горик А. В. Ковальчук С. Б., Брикун А. Н., Черняк Р. Е. Твердость и микроструктура поверхностного слоя элементов машин после дробеструйной обработке (результаты экспериментальных исследований). *Состояние современной строительной науки-2015* : сб. науч. трудов XIII-ой Международной научно-практической Интернет-

конференции. Полтава, 2015. С. 102–107.

43. Горик А. В., Брикун А. Н. Оценка качества стальной поверхности машиностроительных изделий после дробеструйной очистки. *Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні*: тези доп. II Міжнар. наук.-техн. конф. Харків: Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, 2020. С. 41–44.
44. Горик А. В., Брикун А. Н., Черняк Р. Е. Общие аспекты процесса дробеструйной очистки полостей металлических крупногабаритных цилиндрических изделий. *Актуальні проблеми інженерної механіки*: тези доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 16-19 трав. 2017 р. Одеса: Екологія, 2017. С. 20–23.
45. Горик А. В., Ковальчук С. Б., Брикун А. Н., Черняк Р. Е. Влияние упругих деформаций на параметры контактного следа летящей дробинки на металлической поверхности. *Актуальные проблемы инженерной механики*: тезисы докл. VII Междунар. науч.-практ. конф. Одесса: ОГАСА, 2020. С. 74–77.
46. Горик А. В., Ковальчук С. Б., Шулянский Г. А. Упругопластическая модель ударного взаимодействия твердой частицы с плоской металлической поверхностью. *Бетон и железобетон в Украине*. 2013. № 1. С. 13–21.
47. Горик А. В., Ландарь А. А., Чернявский А. Н., Шулянский Г. А. Шаржирование обрабатываемой поверхности при дробеструйной обработке. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2012. Вип. 47. С. 71–77.
48. Горик А. В., Ландарь А. А., Шулянский Г. А. Обоснование геометрических параметров дробеструйного факела при очистке металлических поверхностей. *Состояние современной строительной науки – 2012*: сб. научн. трудов X Международ. науч.-практ. Интернет-конф. 2012. С. 16–21.
49. Горик А. В., Чернявский А. Н., Ландарь А. А. Методика определения оптимальных параметров процесса дробеструйной очистки. Сообщение 2. Технические параметры. *Бетон и железобетон в Украине*. 2011. № 1. С. 14–16.
50. Горик А. В., Чернявский А. Н., Ландарь А. А. Методика определения оптимальных параметров процесса дробеструйной очистки. Сообщение 1. Технологические режимы. *Бетон и железобетон в Украине*. 2010. № 6. С. 26–31.
51. Горик А. В., Чернявский А. Н., Ландарь А. А., Шулянский Г. А. Методика определения оптимальных параметров дробеструйной очистки. Сообщение 3. Техничко-экономические показатели. *Бетон и железобетон в Украине*. 2011. № 2. С. 32–33.
52. Горик А. В., Чернявский А. Н., Ландарь А. А., Шулянский Г. А. Ме-

- ханизм разрушения поверхностного слоя металлических изделий при дробеструйной очистке. *Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов* : сб. докладов 6-ой Междунар. науч. конф. Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2012. С. 17–22.
53. Горик А. В., Шулянский Г. А., Чернявский А. Н. Временные параметры контакта атакующей дробинки с обрабатываемой поверхностью. *Бетон и железобетон в Украине*. 2013. № 4. С. 24–30.
54. Горик А. В., Шулянский Г. А. Определение оптимальной длины воздушно-абразивного факела при очистке металлических поверхностей. *Збірник тез доп. наук.-практ. конф.* Полтава : ПДАА, 2012. С. 39–41.
55. Горик О. В., Брикун О. М. Інтенсивність руйнівної дії дробоструминного факелу при очищенні металевих поверхонь. *Людина, природа, техніка у ХХІ ст.* : зб. матеріалів VII Міжнар. наук.-практ. конф. Полтава : ФОП О. І. Кека, 2017. С. 52–56.
56. Горик О. В., Брикун О. М., Матяшевський В. Є. Встановлення граничної швидкості атаки при дробоструминному очищенні. *Проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування* : матеріали II Всеукр. інтернет-конф., 18-19 квіт. 2019 р. Полтава : ПДАА, 2019. С. 4–8.
57. Горик О. В., Брикун О. М., Черняк Р. Є. Вибір економічно оптимальної швидкості атаки при дробеструменевому очищенні металевих поверхонь. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2016. Вип. 10/3. С. 27–30.
58. Горик О. В., Брикун О. М., Черняк Р. Є. Вибір оптимальних параметрів технології дробеструменевої обробки внутрішніх поверхонь великогабаритних елементів автомобільної техніки. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава : РВВ ПДАА, 2016. № 1-2. С. 72–77.
59. Горик О. В., Брикун О. М., Черняк Р. Є. Експериментальні дослідження впливу швидкості і кута атаки на технічні показники дробоструминного очищення. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2016. № 3. С. 83–89.
60. Горик О. В., Ковальчук С. Б., Брикун О. М., Черняк Р. Є. Прогнозування шорсткості металевих поверхонь деталей машин при дробеструменевому очищенні. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 63. С. 38–43.
61. Горик О. В., Ландар А. А., Шулянский Г. А. Теоретичні передумови дробеневої обробки поверхонь конструкційних матеріалів. *Состояние современной строительной науки – 2011* : сб. науч. трудов IX Международ. науч.-практ. Интернет-конф. 2011. С. 40–45.

62. Горик О. В., Шулянський Г. А., Чернявський А. М. Кінематичні параметри руху атакуючої жорсткої частинки у момент дії на металеву поверхню. *Состояние современной строительной науки – 2013* : материалы XI Международ. науч.-практ. Интернет-конф. Полтава : ПЦНИИ, 2013. С. 19–22.
63. Горик А. В., Ковальчук С. Б., Шулянский Г. А., Костенко В. П. Технологические комплексы для дробеструйной очистки биологических аппаратов. Сообщение 1. Основы построения. *Бетон и железобетон в Украине*. 2015. № 1. С. 27–34.
64. Горик А. В., Чернявский А. Н. Задачи дробеструйной очистки. *Динаміка та міцність енергетичних і с.-г. машин та біотехнічних систем* : колективна монографія. Полтава : Сімон, 2015. С. 73–77.
65. Горик А. В., Чернявський А. Н., Ковальчук С. Б., Шулянский Г. А. Технологические комплексы для дробеструйной очистки биологических аппаратов. Сообщение 2. Пример исполнения. *Бетон и железобетон в Украине*. 2015. № 2. С. 26–33.
66. Горик О. В., Брикун О. М., Черняк Р. Є. Оцінка інтенсивності абразивного руйнування металевих поверхонь дією дробоструминного факел. *Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин* : загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. збірник. Кропивницький : ЦНТУ, 2017. Вип. 47, Ч. 1. С. 72–78.
67. Горик О. В., Ковальчук С. Б., Шулянский Г. А. Определение упругопластического коэффициента ударного взаимодействия сферического индентора с деформируемым полупространством. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2013. №1/7. С. 56–59.
68. ГОСТ 11964-81. Дробь чугунная и стальная техническая. Общие технические условия. [Действующий от 1981-09-17] Москва, 1981. 11 с. (Информация и документация).
69. Грановский Г. И. О стойкости инструмента как исходном параметре для расчета режимов резания. *Вестник машиностроения*. 1965. № 8. С. 59–64.
70. Девкин М. М., Севастьянов Н. Д. Очистка поверхностей деталей металлическим песком. Москва : Машиностроение, 1968. 67 с.
71. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики : учебное пособие для вузов. Москва : Высшая школа, 1989. 608 с.
72. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / под ред. Р. В. Гольдштейна : пер. с англ. В.Э. Наумова, А.А. Спектора. Москва : Мир, 1989. 510 с.
73. Диомидов Б. Б., Литовченко Н. В. Прокатное производство. Москва : Металлургия, 1979. 300 с.
74. Дрозд М. С., Матлин М. М., Сидякин Ю. И. Инженерные расчеты упругопластической контактной деформации. Москва : Машино-

роение, 1986. 224 с.

75. ДСТУ 2409-94. Вимірювання параметрів шорсткості. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1995. 24 с. (Інформація та документація).
76. ДСТУ 3184-95. Дріб сталевий та чавунний технічний. Загальні технічні умови. [Чинний від 1996-07 -01]. Вид. офіц. Київ, 1996. 34 с. (Інформація та документація).
77. ДСТУ 7809 : 2015. Прокат сортової, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. [Чинний від 2016-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 21 с. (Інформація та документація).
78. ДСТУ ISO 4287 : 2012. Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення понять і параметри структури. [Чинний від 2013-03-01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 20 с. (Інформація та документація).
79. ДСТУ ISO 8501-1 : 2015. Підготовка сталевих поверхонь перед нанесенням фарб і подібних покриттів. Візуальне оцінювання чистоти поверхні. Частина 1. (ISO 8501-1:2007, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 24 с. (Інформація та документація).
80. ДСТУ ISO 8502-3 : 2015. Підготовка сталевих поверхонь перед нанесенням фарб і подібної продукції. Випробування для оцінювання чистоти поверхні. Частина 3. (ISO 8502-3:1992, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 24 с. (Інформація та документація).
81. ДСТУ ISO 8503: 2015. Підготовка сталевих поверхонь перед нанесенням фарб і подібної продукції Характеристики шорсткості сталевих поверхонь після струминного очищення. Частина 1-5. (ISO 8503:2012, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. (Інформація та документація).
82. Ефимов Ф. Т., Фролов Н. Г. Металлическая дробь и песок. Москва : Машгиз, 1963. 144 с.
83. Журавлев Л. Г., Филатов В. И. Физические методы исследования металлов и сплавов. Москва : Металлургия, 2004. 157 с.
84. Зенков Р. Л., Ивашков И. И., Колобов Л. Н. Машины непрерывного транспорта. Москва : Машиностроение, 1987. 431 с.
85. Ильдарханова Ф. И., Миронова Г. А., Большакова О. Л. Технические требования к ассортименту лакокрасочных материалов в соответствии с изменением N 2 ГОСТ 9. 401-91. *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2006. № 11. С. 3–7.
86. Интегрированные процессы обработки материалов резанием : учебник / Грабченко А. И. и др. ; под общей редакцией А. И. Грабченко, В. А. Залогов. Сумы : Универсальная книга, 2017. 451 с.

87. Ионов В. Н., Огибалов П. М. Напряжения в телах при импульсном нагружении. Москва : Высшая школа, 1975. 463 с.
88. Исаев Н. И. Теория коррозионных процессов. Москва : Металлургия, 1997. 368 с.
89. Исупов М. Г. К теории струйно-абразивной обработки. *Вестник машиностроения*. 2005. № 3. С. 58–62.
90. Исупов М. Г. Разработка и исследование технологии струйно-абразивной финишной обработки : дис. ... д-ра т. наук : 05.02.08. Москва, 2007. 432 с.
91. Исупов М. Г. Струйно-абразивная финишная обработка металлов. *Технология машиностроения*. 2003. № 2. С. 36–37.
92. Кангур Х. Ф., Клейс И. Р. Экспериментальное и расчетное определение коэффициента восстановления при ударе. *Изв. АН СССР. МТТ*. 1988. № 5. С. 182–185.
93. Карабин А. И. Сжатый воздух. Выработка, потребление, пути экономии. Москва : Машиностроение, 1964. 431 с.
94. Карманный справочник антикоррозиониста. Екатеринбург : ООО «ИД «Оригами», 2008. 264 с.
95. Кашеев В. Н. Абразивное разрушение твердых тел. Москва : Наука, 1970. 247 с.
96. Кильчевский Н. А. Теория соударения твердых тел. Киев : Наукова думка, 1969. 246 с.
97. Клейс И. Р. О некоторых закономерностях ударного изнашивания. *Вестник машиностроения*. 1967. № 8. С. 52–54.
98. Клейс И. Р., Уумыс Х. Г. Износостойкость элементов измельчителей ударного действия. Москва : Машиностроение, 1986. 168 с.
99. Козлов Д. Ю. Антикоррозионная защита. Екатеринбург : ООО «ИД «Оригами», 2013. 440 с.
100. Козлов Д. Ю. Бластинг. Гид по высокоэффективной абразивоструйной очистке. Екатеринбург : ООО «ИД Оригами», 2007. 216 с.
101. Комвопулос К. Конечно-элементное решение контактной задачи для упругопластического слоистого полупространства. *Современное машиностроение*. Тр. Американ. общества инженеров. Сер. Б. 1990. № 2. С. 165–176.
102. Конструирование машин. Справочно-методическое пособие в 2-х томах / под ред. К. В. Фролов. Москва : Машиностроение, 1994. Т. 1. 530 с.
103. Коррозия и защита металлов. Часть 1. Химическая коррозия металлов / Н. А. Азаренков и др. Харьков : ХНУ, 2007. 187 с.
104. Котенева Н. В. Упругопластический контакт гладкой сферы с плоской поверхностью при динамическом нагружении. *Известия Томского политехнического университета*. 2005. Т. 308. № 2. С. 114–116.

105. Крагельский И. В. Трение и износ. Москва : Машиностроение, 1968. 383 с.
106. Кукушкин Ю. Н. Химия вокруг нас. Москва : Высшая школа, 1992. 180 с.
107. Ланков А. А. Эрозионное разрушение материалов при рикошетировании потока твердых сферических частиц. *Трение и износ*. 1992. Т. 13. № 1. С. 206–221.
108. Лашков В. А. Коэффициент восстановления скорости при ударе под углом. *Вестник СПбГУ. Сер. 1*. 2010. Вып. 2. С. 31–38.
109. Лупкин Б. В., Погребельный Н. С. Упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии* : сб. научн. тр. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Жуковского «ХАИ», 2013. С. 40–48.
110. Лурье Г. Б. Шлифование металлов. Ленинград : Наука, 1977. 224 с.
111. Макаров А. Д. Износ и стойкость режущих инструментов. Москва : Машиностроение, 1966. 264 с.
112. Макаров А. Д. Оптимизация процесса резания. Москва : Машиностроение, 1976. 278 с.
113. Макклиток Ф., Аргон А. Деформация и разрушение материалов / пер. с англ. Москва : Мир, 1970. 443 с.
114. Маніпулятор дробеструменевого очищення : пат. 105279 Україна : МПК В25J 11/00. № а 2012 10574; заявл. 07.09.2012 ; опубл. 25.04.2014, Бюл. №8.
115. Мартянова А. Е. Модель ударного контакта твердой абразивной частицы с пластичным материалом. *Вестник Астраханского государственного технического университета*. 2004. № 1. С. 77–81.
116. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. Москва : Машиностроение, 1974. 320 с.
117. Маталин А. А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. Киев : Техніка, 1971. 142 с.
118. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник. Ленинград : Машиностроение, 1985. 496 с.
119. Матеріалознавство : підручник / Мещерякова Т. М., Яцюк Р. А., Кузін О. А., Кузін М. О. Дрогобич : Коло, 2015. 400 с.
120. Матлин М. М., Мосейко В. О., Мосейко В. В. Определение коэффициента восстановления скорости дробинки по размеру ударного отпечатка. *Волжский технологический вестник*. 2005. № 3. С. 20–35.
121. Металлографическое определение включений в стали / Червяков А. Н. и др. Москва : Металлургиздат, 1962. 243 с.
122. Мирович М. Я. Рациональные режимы дробеструйной очистки чугуновых отливок. Ленинград : ЛДНТП, 1972. 28 с.

123. Мікульонок О.І. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв : підруч. Київ : НТУУ «КПІ», 2012. 419 с.
124. Морозов Е. М., Зернин М. В. Контактные задачи механики разрушения. Москва : Машиностроение, 1999. 544 с.
125. Мудрук А. С., Гончаренко П. В. Коррозия и вопросы конструирования. Киев : Техніка, 1984. 135 с.
126. Непомнящий Е. Ф. Трение и износ под воздействием струи твердых сферических частиц. *Контактное взаимодействие твердых тел и расчет сил трения и износа*. Москва : Наука, 1971. С. 190–200.
127. Новіков Ф. В., Анділахай О. О. Основи струминно-абразивної обробки дрібних деталей : монографія. Харків : Вид ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. 348 с.
128. Об увеличении производительности дробеструйной камеры всасывающего типа / С. Е. Воронин и др. *Наукові журнали НТУ "ХПІ": Інтегровані технології і енергосбереження*. 2007. № 2. С. 125–132.
129. Огар П. М., Горохов Д. Б., Угрюмова Е. В. К вопросу определения индекса Майера для задач упругопластического внедрения сферы. *Системы. Методы. Технологии*. 2017. № 1. С. 29–33.
130. Огар П. М., Тарасов В. А. О некоторых общих закономерностях упругопластического внедрения сферического индентора. *Современные технологии. системный анализ. Моделирование*. 2014. № 5. С. 38–43.
131. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник. Москва : Машиностроение, 1987. 328 с.
132. ООО «НПП Метрика» – Производитель стальной и чугунной дробы в Украине. ISO 9001 : 2015 Сертификат качества.
133. Определение рациональных технологических режимов упрочняющей дробеобработки стальных деталей / М. М. Матлин и др. *Известия ВолгГТУ*. Волгоград : 2014. № 9. С. 99–102.
134. Оптимизация технологии нанесения покрытий по критериям прочности и износостойкости / Ляшенко Б. А., Соловых Е. К., Мирненко В. И. и др. ; под ред. В. В. Харченко. Киев : Ин-т проблем прочности, 2010. 193 с.
135. Основы творения машин / Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. ; за ред. О. В. Горика. Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. 448 с.
136. Очистка, окраска : новые технологии, оборудование, техника безопасности, обслуживание : дайджест / под ред. Д. Ю. Козлова. Екатеринбург : ИД Оригами, 2008. 320 с.
137. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара. Москва :

Наука, 1977. 224 с.

138. Петросов В. В. Гидродробеструйное упрочнение деталей и инструмента. Москва : Машиностроение, 1977. 166 с.
139. Пичко А. С. Исследование процесса струйной абразивно-пневматической обработки поверхности деталей : дис. ... к-та техн. наук / Куйбышев. политехн. ин-т им. В.В. Куйбышева. Куйбышев, 1969. 212 с.
140. Пичко А. С. Струйно-абразивная обработка. Москва : НИИМаш, 1968. 56 с.
141. Пичко А. С. Шероховатость поверхности после дробеструйной обработки. *Лакокрасочные материалы и их применение*. 1967. № 4. С. 33–36.
142. Повх И. Л. Техническая гидромеханика. Москва : Машиностроение, 1976. 502 с.
143. Потекаев А. И., Хохлов В. А., Галсанов С. В. Природа и механизмы абразивного изнашивания материалов с памятью формы на примере никелида титана. *Известия Томского политехнического университета*. 2012. Т. 131, № 2. С. 107–111.
144. Проволоцкий А. Е. Механизация отделки деталей с использованием струйно-абразивной обработки. *Механизация и автоматизация производства*. 1990. № 5. С. 7–10.
145. Проволоцкий А. Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. Киев : Техника, 1989. 177 с.
146. Проволоцкий А. Е., Кузнецов В. Е. Новые направления в финишных операциях машиностроения. *Теория и практика металлургии*. 2009. № 1/2. С. 145–150.
147. Розенфельд И. Л., Рубинштейн Ф. И., Жигалова К. А. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. Москва : Химия, 1987. 224 с.
148. Руководство по защите от коррозии стальных поверхностей методом окрашивания. Финляндия : Teknos Oy, 2014. 75 с.
149. Рыжов Э. В. Контактная жесткость деталей машин. Москва : Машиностроение, 1966. 195 с.
150. Рябенков И. А., Новиков Ф. В. Теоретические исследования энергоемкости механической обработки и определение условий ее уменьшения. *Инновационные технологии и оборудование обработки материалов в машиностроении и металлургии* : сб. науч. тр. темат. вып. Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. № 44. С. 145–150.
151. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. Москва : Наука, 1988. 496 с.
152. Саверин Н. М. Дробеструйный наклеп. Москва : Машгиз, 1955. 312 с.

153. Самохідний маніпулятор для дробеструменевого очищення : пат. 109105 Україна : МПК В25J 11/00. № u 2016 01686; заявл. 23.02.2016; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15.
154. Самохідний модуль для дробеструминного очищення : пат. 114152 Україна : МПК В25J 9/00. № а 2016 01687; заявл. 23.02.2016; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8.
155. Сарбучев И. Обитаемые струйно-абразивные камеры. Конструкция и типы. *Оборудование Разработки Технологии*. 2018. № 4. С. 19–22.
156. Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В. Коррозия и защита от коррозии. Москва : Физматлит, 2002. 336 с.
157. Сергиев А. П., Андилахай А. А. Выбор технологических параметров струйно-абразивной обработки. *Станки и инструменты*. 1985. № 4. С. 36–39.
158. Смирнов В. С. Теория обработки металлов давлением. Москва : Металлургия, 1973. 466 с.
159. Смирнов Н. С. , Простаков М. Е., Липкин Я. Н. Очистка поверхности стали. Москва : Металлургия, 1978. 232 с.
160. Соловых Е. К. Тенденции развития технологий поверхностного упрочнения в машиностроении. Кіровоград : КОД, 2012. 91 с.
161. Соппротивление материалов : учебник для вузов / Г. С. Писаренко, В. А. Агарев, А. Л. Квитка и др. 5-е изд., перераб. и доп. Киев : Вища школа, 1986. 775 с.
162. Сорокин Г. М. Виды износа при ударном контактировании поверхностей. *Машиноведение*. 1974. № 3. С. 89–94.
163. Сорокин Г. М. Повышение износостойкости машин – важнейшая проблема технического процесса. *Известия вузов. Нефть и газ*. 1980. № 2. С. 71–74.
164. Спосіб визначення стійкості технічного дробу : пат. 127337 Україна : МПК В24С 1/00, G01F 1/00. № u 2018 02136; заявл. 01.03.2018 ; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14.
165. Спосіб дробеструминного очищення порожнин корпусних виробів : пат. 136318 Україна : МПК В08В 9/00. № u 2019 02449 ; заявл. 13.03.2019 ; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15.
166. Спосіб механічної обробки струменем твердих частинок (дробинок) : пат. 116936 Україна: МПК В24С 1/00, В24С 7/00. № а 2016 08492 ; заявл. 02.08.2016 ; опубл. 25.05.2018, Бюл. № 10.
167. Стоев П. И., Мощенок В. И. Определение механических свойств металлов и сплавов по твердости. *Вестник Харьковского научного университета им. Каразина*. 2003. № 2, т. 601. С. 106–112.
168. Суслов А. Г. Основы технологии машиностроения. Москва : Кнорус, 2016. 288 с.
169. Тадальдєр Ю. А. О механизме разрушения технически чистых мета-

- ллов при изнашивании в струе абразива. *Износ, усталость и коррозия металлов* : труды Таллиннского политехнического института. Таллинн, 1966. Серия А, № 237. С. 35–40.
170. Тамаркин М. А., Тищенко Э. Э., Лебеденко В. Г. Исследование параметров качества поверхностного слоя при обработке дробью. *Вестник машиностроения*. 2010. № 2. С. 54–59.
171. Тельнов Н. Ф. Технология очистки сельскохозйственной техники. Москва : Колос, 1983. 256 с.
172. Техническая термодинамика / В. И. Лобанов, Г. Н. Ясинский, Я. М. Гордон, А. С. Телегин. Москва : Металлургия, 1992. 237 с.
173. Технический каталог выпускаемого оборудования ОАО «Полтавхиммаш»/ Гаджала П. А. и др. Полтава, 2004. 106 с.
174. Технологические остаточные напряжения / А. В. Подзей и др. Москва : Машиностроение, 1973. 215 с.
175. Технологичность конструкции изделия : справочник / Амиров Ю. Д. и др. ; за ред. Ю. Д. Амирова. Москва : Машиностроение, 1990. 768 с.
176. Технологія машино- та приладобудування : підручник / Якімов О. В., Марчук В. І., Якімов О. О. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2005. 712 с.
177. Туфанов Д. Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов. Москва : Металлургия, 1990. 320 с.
178. Урванцев Л. А. Эрозия и защита металлов. Москва : Машиностроение, 1966. 235 с.
179. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения (в 10-ти томах) / под общ. ред. Ф. В. Новикова, А. В. Якимова. Том 4. Теория абразивной, алмазно-абразивной обработки материалов. Одеса : ОНПУ, 2002. 802 с.
180. Филоненко С. Н. Резание металлов. Киев : Техніка, 1975. 232 с.
181. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов. В 2-х т. Москва : Машиностроение, 1974. 472 с.
182. Шаламов А. В. Моделирование дробеструйной обработки методом конечных элементов. *Прогрессивные технологии в машиностроении*. 2005. С.73–79.
183. Шальнов В. А. Шлифование и полирование высокопрочных материалов. Москва : Машиностроение, 1972. 272 с.
184. Шапошников Н. А. Механические испытания металлов. Москва : Машгиз, 1954. 443 с.
185. Шевченко А. А. Химическое сопротивление неметаллических материалов и защита от коррозии. Москва : Химия, Колосс, 2004. 248 с.
186. Школяр П. С. Подбор, исследование и внедрение абразива или дроби повышенного качества для дробеструйной очистки стальных изделий перед эмалированием. Отчет по теме 189-10-71, инв. № 682.

- Полтава : НИИ ЭМАЛЬХИММАШ, 1972. 31 с.
187. Шманев В. А., Шуленов А. П., Мещеряков А. В. Струйно-абразивная обработка деталей ГТД. Москва : Машиностроение, 1995. 143 с.
 188. Шулянский Г. А. Визначення параметрів дробеструменевого факелу при очистці порожнин виробів. *Галузеве машинобудування, будівництво*. 2012. Вип. 2. С. 122–128.
 189. Шулянський Г. А., Брикун О. М. Автоматизація технологічного процесу дробеструменевого очищення сільськогосподарських резервуарів. *Динаміка та міцність енергетичних і сільськогосподарських машин та біотехнічних систем* : колективна монографія. Полтава, 2015. С. 84–87.
 190. Ыксан Ж. М., Усенова Г. А. Исследование процесса дробеструйной обработки резьбовых соединений насосно-компрессорных труб. *Наука и техника Казахстана*. 2018. № 1. С. 111–121.
 191. Эгертон Р. Ф. Физические принципы электронной микроскопии : введение в просвечивающую, растровую и аналитическую электронную микроскопию / пер. с англ. С. А. Иванова. Москва : Техносфера, 2010. 300 с.
 192. Эмалирование металлических изделий / В. В. Варгин и др. Ленинград : Машиностроение, 1972. 496 с.
 193. Юдин В. А., Петрокас Л. В. Теория механизмов и машин. Москва : Высшая школа, 1977. 527 с.
 194. Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики. Т. 1. Москва : Наука, 1969. 455 с.
 195. Якимов А. В. Оптимизация процесса шлифования. Москва : Машиностроение, 1975. 176 с.
 196. Яковлев А. Д., Евстигнеев В. Г., Гисин П. Г. Оборудование для получения лакокрасочных покрытий : учебное пособие для вузов. Ленинград : Химия, 1982. 192 с.
 197. Ящерицын П. И., Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А. Теория резания : учебник. 2-е изд., испр. и доп. Минск : Новое знание, 2006. 512 с.
 198. Ящерицын П. И., Мартынов А. Н., Гридин Н. Д. Финишная обработка деталей уплотненным потоком свободного абразива. Минск : Наука и техника, 1978. 224 с.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Горик Олексій Володимирович
Черняк Роман Євгенійович
Чернявський Анатолій Миколайович
Брикун Олександр Миколайович

ДРОБОСТРУМИННЕ ОЧИЩЕННЯ

Теорія і практика

Монографія

Відповідальний за випуск Горик О.В.

Підписано до друку 07.07.2021 р.
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк різнографічний. Умовн. друк. арк. 19,01.
Наклад 300 шт. Замовлення 2021-25

Видавництво ПП «Астрая»
36014, м. Полтава, вул. Шведська, 20, кв. 4
Тел.: +38 (0532) 509-167, 611-694
E-mail: astraya.pl.ua@gmail.com, веб-сайт: astraya.pl.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5599 від 19.09.2017 р.

Друк ПП «Астрая»
36014, м. Полтава, вул. Шведська, 20, кв. 4
Тел.: +38 (0532) 509-167, 611-694
Дата державної реєстрації та номер запису ЄДР
14.12.1999 р. № 1 588 120 0000 010089