

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

---

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ  
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА  
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2023)

---

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**  
выходит 1 раз в квартал

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем  
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,  
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

**Подписной индекс – 76129**

<https://doi.org/10.48081/PWGH3542>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,210**

**Импакт-фактор КазБЦ – 0,406**

---

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);  
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);  
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);  
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

**Члены редакционной коллегии:**

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);  
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);  
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

**Зарубежные члены редакционной коллегии:**

Vaigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);  
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**\*S. A. Ibragimowa<sup>1</sup>, D. A. Abzalowa<sup>2</sup>, A. A. Dosmakanbetowa<sup>3</sup>,  
N. N. Rachymtai<sup>4</sup>, S. N. Kurbanbajewa<sup>5</sup>**

M. Auezov Südkasachische Universität, Republik Kasachstan, Shymkent

\*e-mail: [zaure\\_1983\\_as@mail.ru](mailto:zaure_1983_as@mail.ru)

## **BEARBEITUNG VON ROTIERENDEN OBJEKTEN DURCH SCHNEIDEN MIT COMPUTERSIMULATION**

*Die mechanische Bearbeitung von Metallen in Form eines Zylinders wird von wesentlichen thermodynamischen Prozessen begleitet. Die Wärmequelle beim Schneiden von Metallen ist die Arbeit, die für Verformungen in der Schnittschicht und in den Schichten neben der bearbeiteten Oberfläche und der Schnittfläche und für die Überwindung der Reibung an der Vorder- und Rückseite des Schneiders aufgewendet wird.*

*Die Prozessmodellierung kann einen großen Beitrag leisten und den Innovationsprozess beschleunigen und die Entwicklungszeit der Zyklen verkürzen, indem sie notwendige Experimente unterstützt, da sie im Vergleich zu experimentellen Studien weniger kostenintensiv, weniger gefährlich und weniger Vorbereitungszeit benötigen. Dabei werden die simulierten Schneidprozesse durch viele verschiedene Phänomene reguliert, beispielsweise die Mechanismen der Streu- und Trennenergie von Materialien, die gleichzeitig die Qualität der betreffenden Bearbeitungssysteme beeinflussen.*

*SPH ist wirklich keine Mesh-Methode, da es kein Hintergrundraster benötigt. In SPH wird der Rechenbereich mit Lagrange-Teilchen abgespeichert, die variable Felder tragen und sich mit dem Material bewegen. Die zelllose und lagrangeartige Natur von SPH macht es ideal für die mathematische Modellierung der Metallverarbeitung. Die Arbeiten zeigen, dass Scherbänder und Spanbildung natürlich ohne spezielle Behandlung, wie z. B. Knoten-Anreicherung oder Neuplanung, eingefangen werden. Die SPH-basierte Simulation in LS-DYNA wird durchgeführt, um Schnittkräfte, plastische Verformungen und die Schnittebene mit großer Präzision vorherzusagen.*

*Schlüsselwörter: Simulationsmodellierung, Schneiden, Verschleiß, Temperatur, Spannung.*

### **Einleitung**

Die erste Untersuchung des grundlegenden Bearbeitungsprozesses für das orthogonale Schneiden mit der SPH-Methode wurde von J. Limido et al. im Jahr 2007. Aufgrund erheblicher Unterschiede zwischen ihrem Aufbau und dem realen Szenario, wie z. B. Variationen der räumlichen Auflösung, geometrische Bruchmodelle, empirische Bruchmodelle und SchnittDiskretisierungsmethoden auf der Grundlage von Partikeln und Dreiecken, wird in dieser Studie jedoch kein direkter Vergleich zwischen diesen beiden Modellen vorgestellt.

Wenn die Breite des Fräasers die Schnitttiefe stark überschreitet, stellt sich im Werkstück ein zweidimensionaler Spannungszustand ein, was zu einem ebenen Problem führt [1]. Dies ermöglicht die Anwendung eines 2D-Modells, das mit einem anorthogonalen Ausschnittmuster ausgepackt werden kann.

Orthogonale und schräge Zerspanungsprozesse beinhalten die relative Längsverschiebung des Schneidwerkzeugs und des Werkstücks. Solche Techniken werden üblicherweise bei der Oberflächenreinigung von harten Legierungen verwendet, wobei das Hauptanliegen die Sauberkeit der bearbeiteten Werkstückoberflächen ist, insbesondere bei Bohrvorgängen.

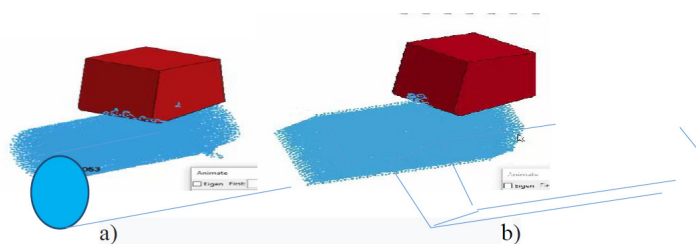
Ebenso bedeutsam, aber mit potenziellen breiteren Anwendungen, ist die mechanische Bearbeitung von rotierenden Körpern um eine zentrale Achse. In beiden festen Fällen entstehen beim Auftreffen des Werkzeugs auf das Werkstück instationäre Spannungsfeldverteilungen aufgrund von Wellenphänomenen. Die erhaltenen Ergebnisse deuten darauf hin, dass im ersten Fall der Werkzeugfixierung im Moment der Fixierung Längsdruckspannungen in den geformten Spänen auftreten, gefolgt von einem allmählichen Abbau. Im zweiten Fixierungsfall werden Längsdruckspannungen an den Extrempunkten der Späne beobachtet, während Längszugspannungen in der Mitte der Späne auftreten [2].

#### **Materialien und methoden**

Hier verwenden wir die netzfreie SPH-Methodik (SmoothedParticleHydrodynamics), um die Simulation und Analyse eines 3D-Hartbearbeitungsprozesses darzustellen. Das auf Lagrangian SPH basierende Modell wird mit dem Ls-Dyna-Programm durchgeführt. Klassische Lagrange-, Euler- und ALE-Methoden wie Finite-Elemente-Methoden (FEM) können große Verzerrungen nicht sehr gut auflösen. Die bedingte Finite-Elemente-Analyse von Metallschneidprozessen scheitert häufig an einer starken Netzverformung [3].

Jüngste Entwicklungen sogenannter netzloser Methoden bieten eine Alternative zu herkömmlichen numerischen Methoden zur Modellierung von Bearbeitungsprozessen. SPH ist ein netzloser Ansatz, sodass endliche Verformungsprobleme leicht beseitigt werden können und die SPH-Kontaktsteuerung eine «interne» Span-Teiletrennung ermöglicht. Denn SPH vereint die Vorteile netzloser Lagrange-Partikel-Methoden. Der orthogonale Schneidprozess von AISI H13 l-Stahl wurde mit der SPH-Methode simuliert und analysiert. Das entwickelte SPH-Modell erlangte die Fähigkeit, die Schnittkräfte korrekt abzuschätzen, wie in zwei orthogonalen Schnittsituationen gezeigt (Abb. 1).

Die Schnittkräfte wurden für SPH, explizite Lagrange- und experimentelle Ergebnisse verglichen [4].



a – zylindrischer Stab, b – Stab mit rechteckigem Querschnitt

Abbildung 1 – Schema der mechanischen Bearbeitung von Metallen durch Schneiden von um eine Mittelachse rotierenden Werkstücken

Während die spanabhebende Bearbeitung zylindrischer Gegenstände die Sauberkeit der bearbeiteten Oberflächen gewährleistet, ist die spanabhebende Bearbeitung bei Stäben mit rechteckigem Querschnitt eine vergleichsweise kostengünstigere Methode, um den betreffenden Werkstücken verschiedene geometrische Formen zu verleihen (Abb. 2).

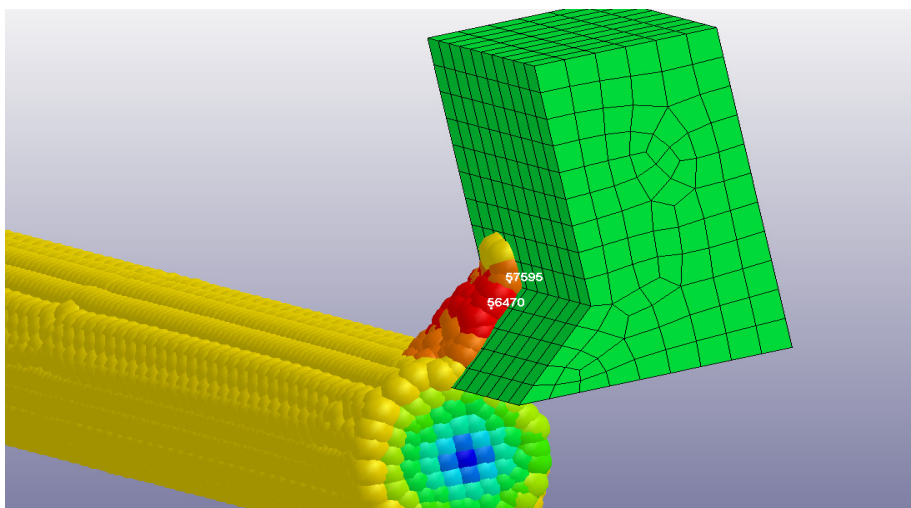
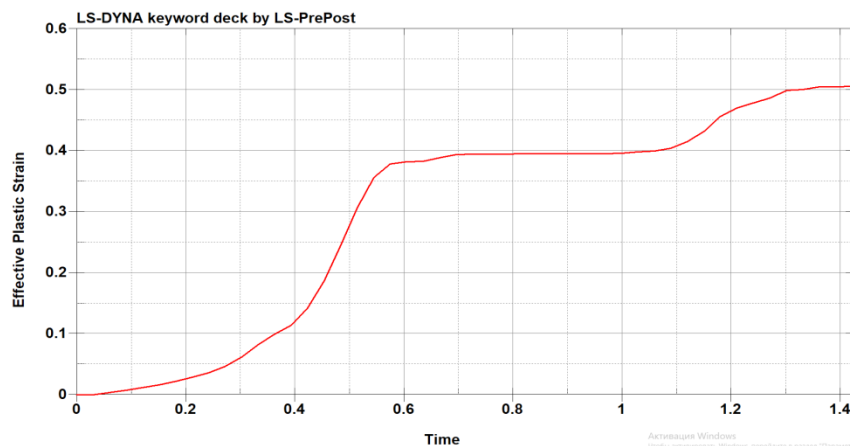
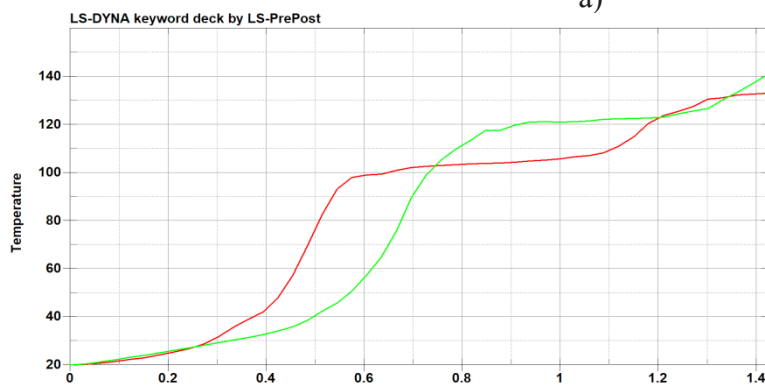


Abbildung 2 – Orthogonales Schneiden eines zylindrischen Werkstücks

Aus den erhaltenen Ergebnissen folgt, dass im Anfangsstadium der mechanischen Bearbeitung zylindrischer Proben aufgrund des Aufpralls des Schneidwerkzeugs ein synchroner plötzlicher Anstieg des Temperaturfelds und verbleibende Endverformungen beobachtet werden, was auf einen komplexen Spannungs-Dehnung-Zustand im Anfangsstadium der Spannbildung (Abb. 3) [5–6].



a)



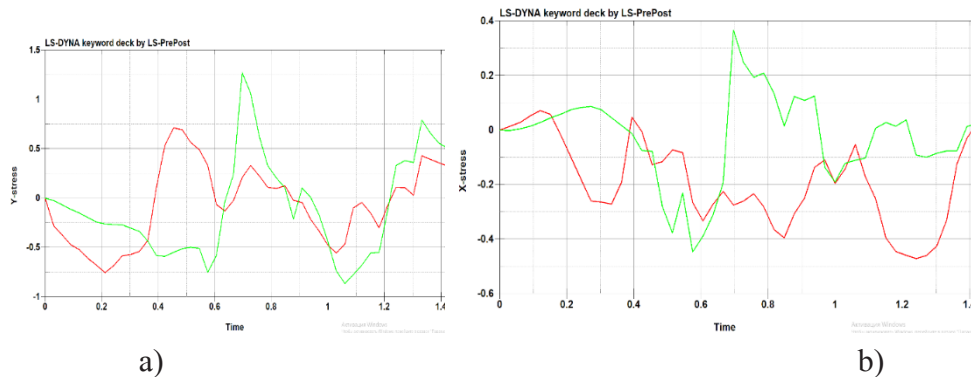
b)

a – цилиндрические Werkstücke durch Schneiden endlicher Verformungen,  
b – Temperaturfeld

Abbildung 3 – Diagramme der Änderungen, die während des Prozesses der Spanbildung während der Bearbeitung auftreten

Aus den erhaltenen Ergebnissen folgt, dass in der Anfangsphase der mechanischen Bearbeitung zylindrischer Proben eine synchrone Änderung des Spannungsfeldes in verschiedenen Knoten des Abfalls beobachtet wird. Gleichzeitig weist die vorübergehende Natur der Spannungsänderung auf die Komplexität der Spanbildung hin (Abb. 4).

Wird bei Längsspannungen überwiegend Druckcharakter beobachtet, so liegen bei Querspannungen abwechselnd Druck- und Zugspannungen vor. Dieser Sachverhalt lässt sich dadurch erklären, dass es in den Spänen im Moment ihrer Entstehung zu einer gegenseitigen Beeinflussung benachbarter Materialpunkte kommt, was eine monotone Änderung des Spannungsfeldes verhindert (Abb. 5) [7].



a – Längsspannungen, b – Querspannungen  
 Abbildung 4 – Diagramme der Veränderungen, die während des Prozesses der Spannbildung bei der Bearbeitung von zylindrischen Metallteilen auftreten

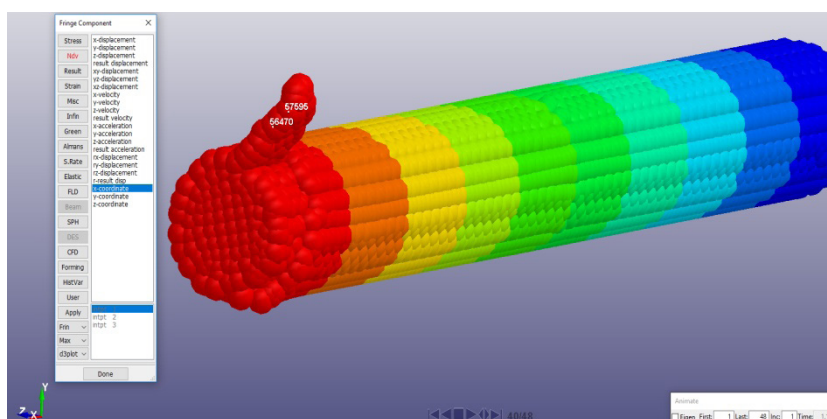


Abbildung 5 – Die Art der Änderung des Spannungs-Dehnungs-Zustands während des Spanbildungsprozesses bei der Bearbeitung von zylindrischen Metallschneiden mit zunehmendem Abstand vom Schnitzer

**Ergebnisse und Discussion**

Aus den erhaltenen Ergebnissen folgt, dass in den nächstgelegenen Knoten des Schneidwerkzeugs ein großer Gradient in der Verteilung des Spannungs-Dehnungs-Zustands besteht, der sich mit der Entfernung entlang der Mantellinie des Zylinders allmählich einpendelt.

Somit spiegelt das entwickelte Simulationsmodell der mechanischen Bearbeitung zylindrischer Werkstücke die realen Prozesse beim Schneiden angemessen wider.

Die numerische Vorhersage von Metallverarbeitungsprozessen wie Metallpressen und -schneiden ist ein anspruchsvolles Problem. Zu diesen Prozessen gehören die Lokalisierung plastischer Verformung, die Bildung von Scherbändern, die Trennung von Materialien und ein Temperaturanstieg, der zur Erweichung des Materials führt. Hier werden SPH-Spurenelemente zur Simulation des Metallverarbeitungsprozesses eingesetzt. SPH-Partikel sind von Natur aus in der Lage, große plastische Verformungen

in Materialien einzufangen. Allerdings leidet SPH unter einer Zuginstabilität, die zu einem numerischen Versagen des Materials führt [8].

SPHs werden verwendet, um den Metallschneidprozess zu simulieren. Die akkumulierte effektive plastische Dehnung und Temperaturverteilung werden mit bekannten Ergebnissen aus der Literatur verglichen. Die dargestellten Ergebnisse stimmen mit Beobachtungen aus der Literatur überein. Änderungen der Vorschublänge wirken sich auf die Verformung des Materials aus. Mit zunehmender Vorschublänge erhöht sich die Schnittkraft. Dies führt zu einer Verringerung der Anzahl der Scherbänder und einer Vergrößerung der Breite zwischen zwei benachbarten Scherbändern. In dieser Arbeit wird der Einfluss der Reibung beim Metallschneiden vernachlässigt [9].

Die Anwendung der SPH-Methode für die Metallbearbeitung ist recht neu, ihre Merkmale sind noch nicht vollständig verstanden und die effektivsten Einsatzmöglichkeiten sind noch nicht vollständig entdeckt. Trotz ihrer Neuheit kann die SPH-Methode als ein vielversprechendes Werkzeug für die Untersuchung der Zerspanung angesehen werden.

Hier zeigt die SPH-Methode Möglichkeiten auf, die Hauptschwierigkeiten der Schnittsimulation zu überwinden. Das Wichtigste ist, dass diese Methode genau das Werkzeug ist, das die Untersuchung großer Verformungen, die in der Nähe eines Schneidwerkzeugs auftreten, ohne Verlust an Genauigkeit und Stabilität ermöglicht [10].

#### **Abschluss**

Als Ergebnis wurde der orthogonale Schneidprozess für H13-Stahlmaterial mit Hilfe der SPH-Methode simuliert und analysiert. Äquivalente plastische Dehnungsrate, äquivalente plastische Dehnung, effektive Spannung, Scherspannung und Schnittkraft wurden modelliert und für orthogonales Schneiden ermittelt. Das entwickelte SPH-Modell erlangte die Fähigkeit, Schnittkräfte korrekt abzuschätzen, wie in zwei orthogonalen Schnittfällen gezeigt.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Cherepashkov, A. A., Nosov, N. V.** Komp'yuternyye tekhnologii, modelirovaniye i avtomatizirovannyye sistemy v mashinostroyenii : uchebnoye posobiye [Computer technologies, modeling and automated systems in mechanical engineering : textbook] [Text]. – St.Petersburg : Prospekt Nauki, 2018. – 592 p.

2 **Mulenko, V. V.** Komp'yuternyye tekhnologii i avtomatizirovannyye sistemy v mashinostroyenii [Computer technologies and automated systems in mechanical engineering] [Text]. – Moscow : Izdatel'skiytsentr YUUrGU, 2016. – 98 p.

3 **Anna, V. CH.** Inzhenernayai komp'yuternaya grafika [Engineering and computer graphics] [Text]. – Moscow : Mashinostroyeniye, 2016. – 250 p.

4 **Demidov, A. K.** Modelirovanie processa rezaniya [Tekst] // Innovacii, kachestvo i servis v texnike i texnologiyax. – Kursk. – 2017. – P. 83-85.

5 **Khodzhibergenov, D. T., Khodzhibergenova, U. D., Akhmedov, A. B., Absadykov, B. N.** Some aspects of the construction of mathematical model for cutting



metalsText] // News of the academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – Almaty. – 2019. – № 2 (434). – P. 69–78.

6 **Anur'yev, V. I.** Spravochnik konstruktora- mashinostroyitelya: v 3-kh t [Handbook of mechanical engineering designer: in 3 volumes] [Text]. – Moscow : Mashinostroyeniye, 2006. – 728 p.

7 **Khalifa, M., Duyun, T. A.** Primenenie programmy`x paketov dlya chislennogo modelirovaniya processa rezaniya [Tekst] // Vserossiyskaya nauchno-metodicheskaya konferenciya, posyashhennaya 100-letiyu so dnya rozhdeniya N. P. Malevskogo, 2020. – P. 56–60.

8 **Masyagin, V. B.** Matematicheskoye modelirovaniye protsessov v mashinostroyenii : uchebnik [Mathematical modeling of processes in mechanical engineering : textbook] [Text]. – Omsk : Izd-vo OmGTU, 2017. – 32 p.

9 **Yermakov, YU. M.** Kompleksnyyes posoby effektivnoy obrabotki rezaniyem [Comprehensive methods for efficient machining] [Text]. – Moscow : Mashinostroyeniye, 2005. – 272 p.

10 **Khodzhibergenov, D. T., Ibragimova, Z. A., Khodzhibergenova, U. D., Abdugarimov, A., Sherov, K. T., Yesirkeпов, A.** Nekotoryye aspekty programmnoy obespecheniya v proyektirovaniy i ispytaniy rezhushchikh instrumentov [Tekst] // Zhurnal Vestnik mashinostroyeniya. OOO «Izdatel'stvo «Innovatsionnoye mashinostroyeniye». – 2019. – № 6. – P. 85–88.

Accepted for publication 22.11.23.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Черепашков, А. А., Носов, Н. В.** Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении : учебное пособие [Текст]. – СПб. : Проспект Науки, 2018. – 592 с.

2 **Муленко, В. В.** Компьютерные технологии и автоматизированные системы в машиностроении [Текст]. – М. : Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 98 с.

3 **Анна, В. Ч.** Инженерная и компьютерная графика [Текст]. – М. : Машиностроение, 2016. – 250 с.

4 **Демидов, А. К.** Моделирование процесса резания [Текст] // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях. – Курск. – 2017. – С. 83–85.

5 **Khodzhibergenov, D. T., Khodzhibergenova, U. D., Akhmedov, A. B., Absadykov, V. N.** Some aspects of the construction of mathematical model for cutting metals [Text] // News of the academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and technical sciences. – Almaty. – 2019. – № 2 (434). – P 69–78.

6 **Анурьев, В. И.** Справочник конструктора- машиностроителя : в 3-х т [Текст]. – М. : Машиностроение. – 2006. – 728 с.

7 **Кхалифа, М., Дуюн, Т. А.** Применение программных пакетов для численного моделирования процесса резания [Текст] // Всероссийская научно-методическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н. П. Малевского, 2020. – С. 56–60.

8 **Масягин, В. Б.** Математическое моделирование процессов в машиностроении : учебник [Текст]. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 32 с.

9 **Ермаков, Ю. М.** Комплексные способы эффективной обработки резанием [Текст]. – М. : Машиностроение, 2005. – 272 с.

10 **Ходжибергенов, Д. Т., Ибрагимова, З. А., Ходжибергенова, У. Д., Абдукаримов, А., Шеров, К. Т., Есиркепов, А.** Некоторые аспекты программного обеспечения в проектировании и испытании режущих инструментов [Текст] // Журнал Вестник машиностроения. ООО «Издательство «Инновационное машиностроение». – 2019. – № 6. – С. 85–88.

\***З. А. Ибрагимова<sup>1</sup>, Д. А. Абзалова<sup>2</sup>, А. А. Досмаканбетова<sup>3</sup>, Н. Н. Рахымтай<sup>4</sup>, С. Н. Курбанбаева<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ. Басып шығаруға 22.11.23 қабылданды.

### КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, АЙНАЛМАЛЫ ОБЪЕКТІЛЕРДІ КЕСУ АРҚЫЛЫ МЕХАНИКАЛЫҚ ӨНДЕУ

*Цилиндр түріндегі металдарды механикалық өңдеу айтарлықтай термодинамикалық процестермен бірге жүреді. Металдарды кесу кезінде жылу көзі кесілген қабаттағы және өңделген бетке және кесу бетіне іргелес қабаттардағы деформацияларға және кескіштің алдыңғы және артқы беттеріндегі үйкелісті жеңуге жұмсалатын жұмыс болып табылады.*

*Процесті модельдеу инновация процесіне үлкен үлес қосып, жеделдете алады және қажетті эксперименттерді қолдай отырып, циклдарды әзірлеу уақытын қысқартады, өйткені олар аз шығынды, қауіпті емес және эксперименттік зерттеулермен салыстырғанда аз дайындық уақытын қажет етеді. Сонымен қатар, модельденген кесу процестері әртүрлі құбылыстармен реттеледі, мысалы, шашырау энергиясы мен материалдарды бөлу механизмдері, олар бір уақытта қарастырылып отырған өңдеу жүйелерінің сапасына әсер етеді.*

*SPH-расында тор жоқ әдіс, өйткені ол фондық торды қажет етпейді. SPH-де есептеу аймағы Лагранждың көмегімен таңдалады бөлшектер, ауыспалы өрістерді алып жүретін және материалмен бірге қозғалады. SPH-нің торсыз және лагранжды табиғаты оны металды өңдеуді математикалық модельдеу үшін өте қолайлы етеді. Жұмыста ығысу жолақтары мен жоңқалардың пайда болуы түйінді байыту немесе қайта құру сияқты арнайы өңдеусіз табиғи түрде ұсталатыны көрсетілген. LS-DYNA-да SPH негізіндегі модельдеу кесу күштерін, пластикалық деформацияларды және кесу жазықтығын үлкен дәлдікпен болжау үшін жасалады.*

*Кілтті сөздер: имитациялық модельдеу, кесумен өңдеу, тозу, температура, кернеу.*

**\*З. А. Ибрагимова<sup>1</sup>, Д. А. Абзалова<sup>2</sup>, А. А. Досмаканбетова<sup>3</sup>,  
Н. Н. Рахымтай<sup>4</sup>, С. Н. Курбанбаева<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова,

Республика Казахстан, г. Шымкент

Принято к изданию 22.11.23.

## **МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ РЕЗАНИЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Механическая обработка металлов в виде цилиндра сопровождается существенными термодинамическими процессами. Источником теплоты при резании металлов является работа, затрачиваемая на деформации в срезаемом слое и в слоях, прилегающих к обработанной поверхности и поверхности резания и на преодоление трения по передней и задней поверхностям резца.*

*Моделирование процесса может внести большой вклад и ускорить процесс инноваций и сократить время разработки циклов, поддерживая необходимые эксперименты, поскольку они менее затратные, менее опасны и требуют меньше времени на подготовку по сравнению с экспериментальными исследованиями. При этом моделируемые процессы резки регулируются множеством различных явлений, например, механизмы энергии рассеяния и разделения материалов, которые одновременно влияют на качество рассматриваемых систем механообработки.*

*SPH – действительно без сеточный метод, поскольку он не требует фоновой сетки. В SPH вычислительная область дискретизируется с помощью лагранжеевых частицы, несущих переменные поля и движущиеся вместе с материалом. Бессеточная и лагранжеево природа SPH делает его идеальным для математического моделирования обработки металлов. В работах показано, что полосы сдвига и образование стружки улавливаются естественным путем без какой-либо специальной обработки, такой как узловое обогащение или перепланировка. Моделирование на основе SPH в LS-DYNA выполняется для прогнозирования сил резания, пластических деформаций и плоскости резки с большой точностью.*

*Ключевые слова: имитационное моделирование, обработка резанием, износ, температура, напряжения.*

Теруге 08.12.23 ж. жіберілді. Басуға 29.12.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 17,26 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4166

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz