

Математическое моделирование динамических процессов, происходящих при вихревом растачивании глубоких отверстий многопроходным резцом

¹ГАВРИЛИН Алексей Николаевич, к.т.н., доцент, gawral@tpu.ru,

^{1*}ХАЙРУЛЛИН Александр Римович, аспирант, hayrullin1993@list.ru,

¹Томский политехнический университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 30,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью статьи является математическое моделирование и дальнейшее исследование проектируемого метода диагностики динамических процессов вихревого растачивания с целью определения оптимального режима обработки. Приведена расчетная схема технологической системы для вихревого растачивания. Определены входные параметры технологической системы для моделирования процессов резания. Установлены значения коэффициентов жесткости и коэффициентов демпфирования для технологической системы. Приведены системы линейных неоднородных дифференциальных уравнений для каждого элемента технологической системы. Получены графики зависимости амплитуды от времени для перемещения, скорости и ускорения. Получены спектрограммы перемещения, скорости и ускорения отдельно для каждого узла технологической системы, показывающие зависимость амплитуды от частоты.

Ключевые слова: диагностика, динамические процессы, вихревое растачивание, перемещение, скорость, ускорение, токарный станок.

REFERENCES

1. Grigor'yev S.N., Kozochkin M.P., Sabirov F.S., Sinopal'nikov V.A. Problemy tekhnicheskoy diagnostiki stanochnogo oborudovaniya na sovremennom etape razvitiya // Vestnik MGTU Stankin. – 2010. – № 4. – P. 27-36.
2. Gavrilin A.N., Mel'nov K.V., Khayrullin A.R., Glinenko Ye.V. // Issledovaniye pnevmaticheskogo gasitelya kolebaniy // Nerazrushayushchiy kontrol': elektronnoye priborostroyeniye, tekhnologii, bezopasnost': sbornik trudov VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 3 t., Tomsk, 23-27 Maya 2016. – Tomsk: TPU, 2016. – T. 1 – P. 226-228.
3. Gavrilin A.N. Modeling of dynamic processes during machining // Fundamental research. – 2015. – No. 2 (part 20) – P. 4403-4407.
4. Kozochkin M.P., Gusev A.V., Porvatov A.N. Creation of portable mobile diagnostic systems for monitoring and debugging technological processes and machine-tool units // Vestnik MGTU STANKIN, 1 (13), 2011. – P. 42-47.
5. Bolotin V.V. Vibrations in technology. Volume 1. Oscillations of linear systems. – M.: Mechanical Engineering, 2015. – 727 p.

Дөңгелек пішінді кескіштергі параметрлеу

^{1*}КАСЕНОВ Асылбек Жумабекович, т.ғ.к., профессор, asylbek_kasenov@mail.ru,

¹МАЗДУБАЙ Асылхан Владимирович, PhD, қауымдастырылған профессор, asylkhan_m@mail.ru,

¹ИТЫБАЕВА Галия Тулеубаевна, т.ғ.к., профессор, galia-itibaeva@mail.ru,

¹МУСИНА Жанара Керейовна, т.ғ.к., профессор, mussina_zhanara@mail.ru,

¹ТАСКАРИНА Айжан Жумажановна, PhD, қауымдастырылған профессор, aya_taskarina@mail.ru,

¹Торайғыров университеті, Қазақстан, 140008, Павлодар, Ломов көшесі, 64,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада негізгі сызығы бар дөңгелек пішінді кескіштерді жобалаудың параметрленуі қарастырылады. Жобалаудың параметрленуі бөліктің пішінді профиліне байланысты, бірыңғай тәсілді қолдануға және есептеуді оңай автоматтандыруға мүмкіндік береді. Зерттеудің мақсаты жобалау уақытын қысқарту және өндірісті технологиялық дайындау үшін параметрлендіруді пайдалана отырып, жобалау сапасын арттыру болып табылады. Параметрлеу өндіріс талаптарына байланысты бөліктің өлшемі мен конфигурациясын өзгертуге мүмкіндік береді. Дөңгелек пішінді кескішті параметрлік жобалау кезінде профильдеу уақыты қысқарады, сапасы жақсарады, өнімділігі мен тиімділігі артады.

Кілт сөздер: дөңгелек пішінді кескіш, графикалық профильдеу, параметрлеу, АЖЖ, 3D моделі.

Кіріспе

Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді есептеудің қолданыстағы әдістері әмбебаптығымен ерекшеленбейді және кескіштің әр профилі үшін бөлек есептеу схемасы қажет. Кескіш құрал-саймандар, атап айтқанда, пішінді кескіштер бойынша әдебиетте базалық сызығы бар пішінді кескіштерді графикалық кескіндеу жоқ [1-3].

Кейбір дереккөздерде, пішінді кескіштің профилін түзету есебі келтірілген, ол көлденең жазықтықтағы түйін нүктелері арасындағы проекциялар арқылы пішінді кескіштің түйін нүктелерінің радиусын анықтауға негізделген [4-6]. Сонымен қатар, есептеу схемасы бірыңғай емес, бірақ әр профиль үшін қатаң жеке, бұл бірыңғай есептеу алгоритмін құруға және есептеуді автоматтандыруға мүмкіндік бермейді.

Авторлар [5] негізгі сызығы бар пішінді кескіштерді графикалық және түзету аналитикалық есептеу әдісін әзірледі және алдыңғы бетін $\varepsilon_p > 0$ және $\varepsilon_b = \varepsilon_{np} > 0$ бұрыштарында қайрау кезінде және сыртқы өңдеу үшін радиалды (базалық сызықпен) беру кезінде қолданылады.

Базалық сызығы бар пішінді кескіштерді есептеудің ұсынылған әдісінің ерекшелігі-есептеулердің жүйелілігі және автоматтандыру мүмкіндігі. Графикалық профильдеу қарапайым, көрнекі және АЖЖ бағдарламалық жасақтамасымен оңай жобаланады.

Автоматтандырылған жобалау жүйелерін енгізу металл кесетін құралдарды жобалау және пішіндеу әдіснамасында айтарлықтай өзгерістермен қатар жүреді [7-12].

Қолданбалы бағдарламалар инженерлердің кәсіби қызметінің ажырамас бөлігі болып табылады, сондықтан оларды игеру үшін біраз уақыт қажет [13].

Машинажасау өнімдерін автоматтандырылған жобалау жүйелерін дамытудағы негізгі бағыт параметрлік модельдеуді кеңінен қолданумен байланысты. Бұл өнімді жасау кезінде де, тиісті жобалық құжаттаманы жасау кезінде де күрделілікті едәуір азайтуға мүмкіндік береді.

Зерттеу әдістері

Дөңгелек пішінді кескіштің графикалық профилі әмбебап есептеу схемасына негізделген, есептеуді оңай автоматтандыруға және параметрлеуге болады.

Графикалық пішіндеудің жаңа тәсілін қолдану кезінде, фасонды кескіштің жұмыс жағдайындағы үш проекциясы және алдыңғы бетінің бойымен дайындаманың осіне перпендикуляр жазықтықтағы көлденең жазықтыққа γ (алдыңғы бұрыш) бұрышпен бағытталған К көрсеткі бойынша бір түрі қарастырылады (1-сурет).

Бүгінгі таңда компьютерлік автоматтандырусыз заманауи бәсекеге қабілетті техниканы шығару мүмкін емес. Машинажасаудағы АЖЖ конструкторлық, технологиялық жұмыстарды, өндірісті технологиялық дайындау бойынша жұмыстарды жүргізу үшін пайдаланылады. АЖЖ көмегімен сызбалар жасалады, өнімді және құрастыру процесін үш өлшемді модельдеу жүзеге асырылады, көмекші жабдықтар, мысалы, мөрлер мен қалыптар жобаланады, сандық басқарылатын

(СББ) станоктар үшін технологиялық құжаттама және басқару бағдарламалары (ББ) жасалады, мұрағат жүргізіледі.

Қазіргі заманғы АЖЖ автоматтандырылған жобалау, технологиялық дайындық, инженерлік бұйымдарды талдау және өндіру, техникалық құжаттаманы электронды басқару үшін қолданылады. АЖЖ-ны кәсіпорынды басқарудың автоматтандырылған жүйесімен біріктіру бірыңғай ақпараттық кешен құруға мүмкіндік береді [8].

Зерттеудің мақсаты жобалау сапасын жақсарту жобалау мерзімдерін қысқарту және өндірісті технологиялық дайындау үшін параметрлендіруді қолдану.

Нәтижелер мен талқылаулар

Графикалық профильдеу үшін алдымен профильдеу схемасының алдыңғы проекциясына негізгі сызық салу керек (1-сурет, 3-6 сызығы бөліктің осі арқылы өтетін көлденең жазықтықта орналасқан, бөліктің конусының құраушысына сәйкес келеді). Осыдан кейін пішінді кескішті графикалық профильдеу басталады. Жүйелеу үшін графикалық профильдеу 12 қадамға бөлінге [5].

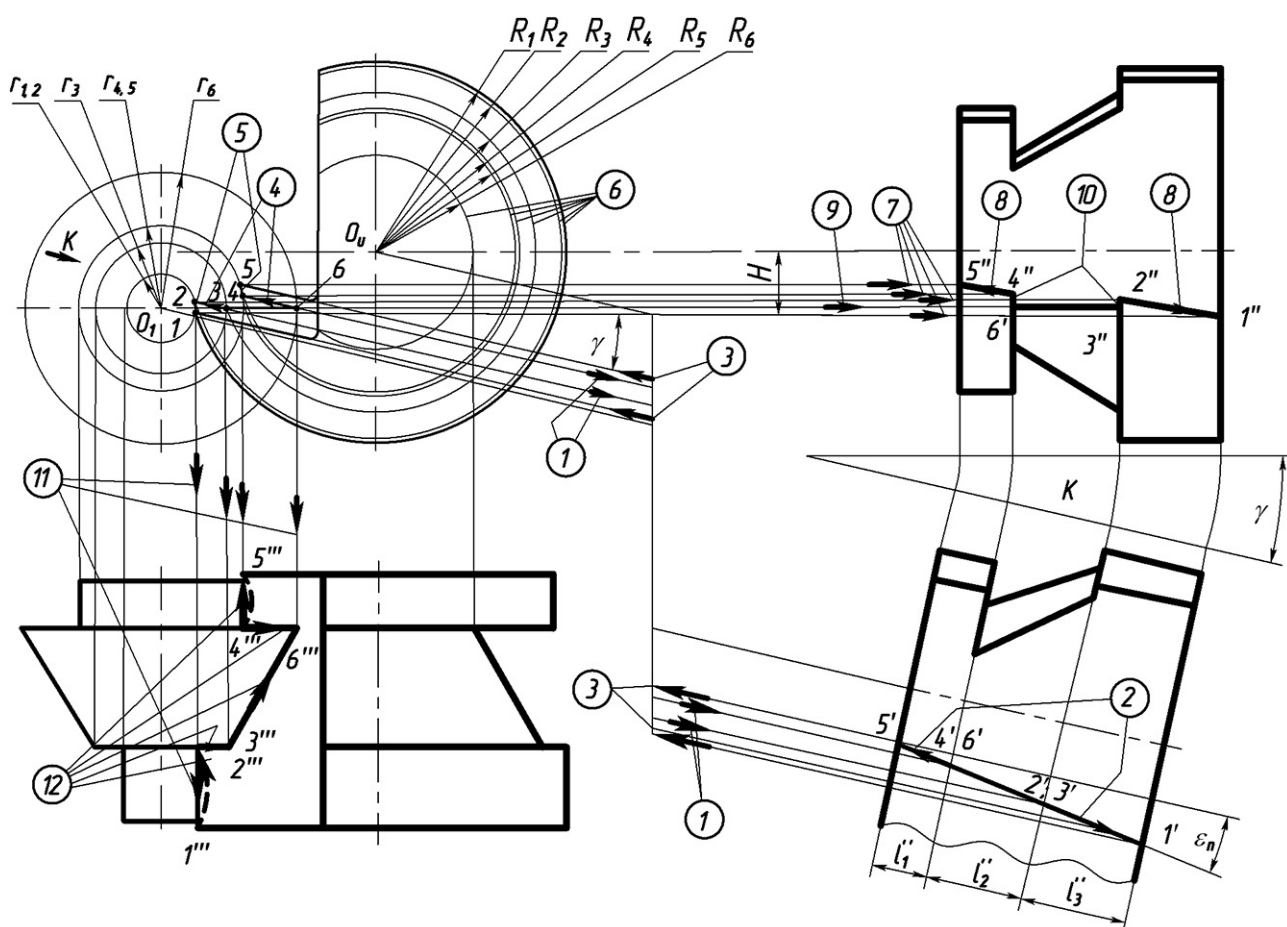
Алдыңғы беттің көлбеу жазықтығындағы $\varepsilon_B = \varepsilon_{пр}$ пішінді кескіштің кесу жиегіне цилиндр бөлшектең құраушысына қатысты (көлденең жа-

зықтық) эллипс сызығына сәйкес келеді (цилиндрдің көлбеу жазықтықпен қимасы).

Пішінді кескіштің кесу жиегі осы бөлімде эллиптикалық, иілген болуы керек. Кесу аймағында осы жағдайларды қамтамасыз ету және бөлшектерге берілген цилиндрді алу үшін пішінді кескішті түпкілікті профильдеу $\varepsilon_B = \varepsilon_{пр}$, бұрышымен пішінді кескіштің алдыңғы бетіне қатысты тегістеу шеңберінің осін орната отырып, бөліктің цилиндрлік бөлігінің радиусына тең радиусы бар диск (саусак) тегістелген шеңбермен жүзеге асырылуы тиіс.

Бұл жағдайда өңдеудің теориялық дәлдігі қамтамасыз етіледі және қате енгізілмейді. Дегенмен, берілген диаметрдегі (радиуста) тегістеу шеңберін таңдап алу әрдайым мүмкін емес. Сондықтан пішінді кескіштің пышағының кесу жиегінің пішінін алудың тағы бір әдісі – пішінді кескішті кез-келген диаметрлі диск шеңберімен тегістеу, ол есептеуге сәйкес профильденген, бұл профильдеу әдісінің қателігін теориялық тұрғыдан жояды.

Кесу жиегіндегі пішінді кескішті есептеу кезінде кескіштің (бөліктің) осі бойымен олардың арасында белгілі бір қадам бар нүктелер сериясы таңдалады. Бұл нүктелер үшін 1, 2, 4 және 5 түйіндік нүктелер үшін төменде ұсынылған әдіске сәй-



1-сурет – Базалық сызығы бар дөңгелек пішінді кескішті графикалық кескіндеу

кес пішінді кескіштің тиісті радиусы есептеледі.

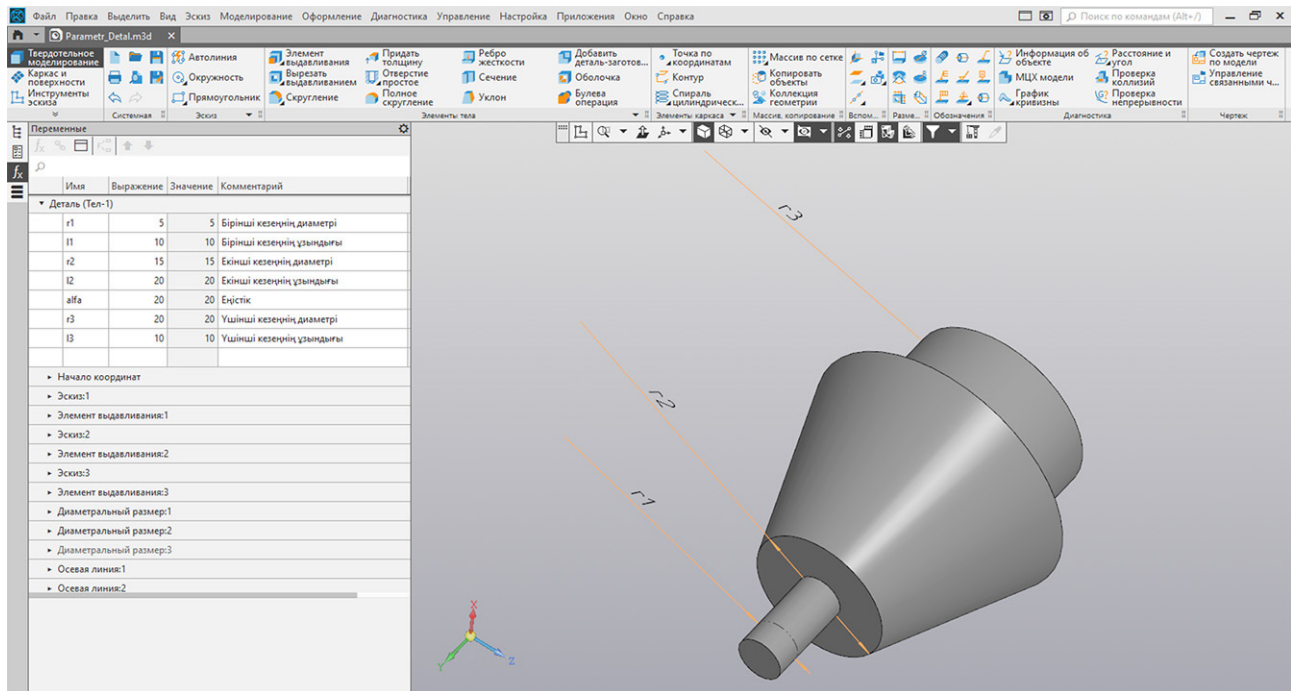
Осылайша, графикалық профильдеу алынды және параметрлер есептелді – он екі қадам.

Әдістемеге сәйкес [5] Компас 3D бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып, дөңгелек пішінді кескіштің параметрлік жобасын орындаймыз. Алдын ала, айнымалыларды қолдана отырып (кесте), жасалған бөлшектің (2-сурет) па-

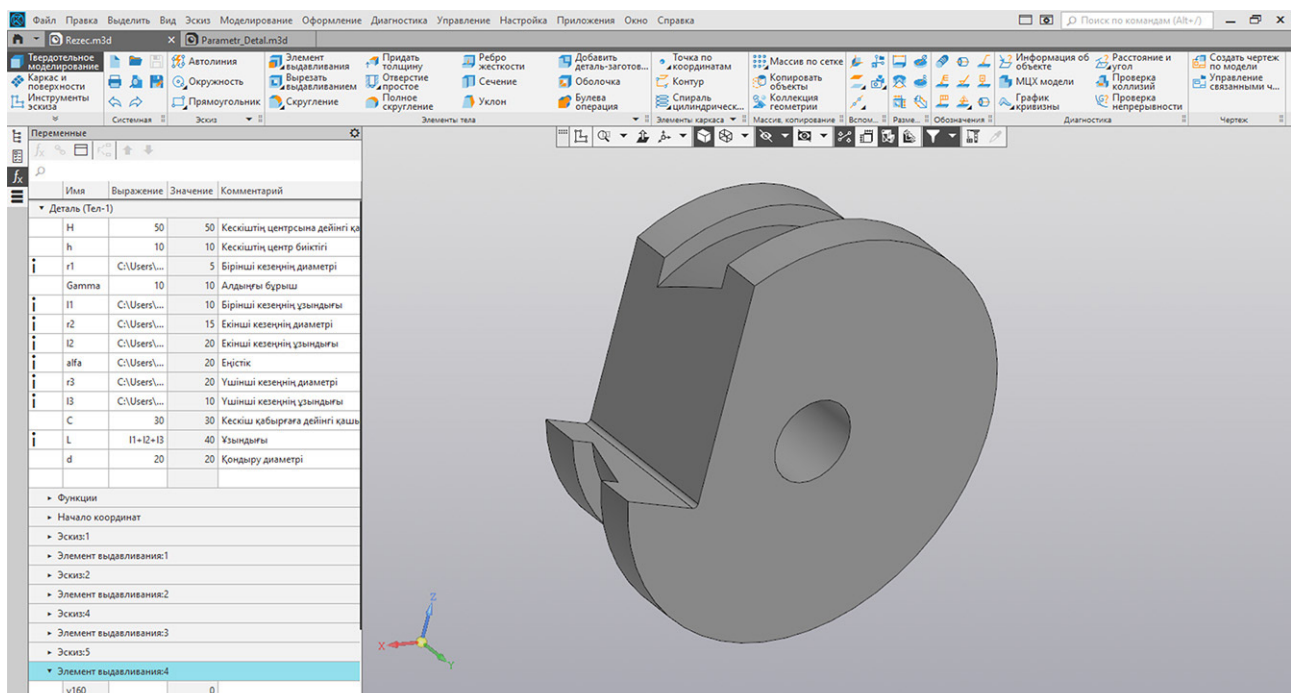
раметрлік 3D модельдеуді орындаймыз.

Айнымалылар өндіріс талаптарына сәйкес бөліктің өлшемі мен конфигурациясын өзгертуге мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, дөңгелек пішінді кескішті параметрлік жобалау кезінде профильдеу уақыты қысқарады, сапасы жақсарады, өнімділігі мен тиімділігі артады.



2-сурет – Дайындалған бөлшектің 3D моделі



3-сурет – Дөңгелек пішінді кескіштің 3D моделі

3D модельдің айнымалылары			
№ п/п	Атауы	Белгіленуі	Мәні
1	Бірінші кезеңнің диаметрі	r_1	5
2	Бірінші кезеңнің ұзындығы	l_1	10
3	Екінші кезеңнің диаметрі	r_2	15
4	Екінші кезеңнің ұзындығы	l_2	20
5	Еңістік	α	20
6	Үшінші кезеңнің диаметрі	r_3	20
7	Үшінші кезеңнің ұзындығы	l_3	10

Қорытындылар

Он екі кезеңнен тұратын дөңгелек пішінді кескішті жобалаудың параметрленуі жүйелілік пен бірізділіктен тұрады, бұл дөңгелек пішінді кескіштерді базалық сызықпен есептеудің күрделілігін төмендетеді, бұл құрылған параметрлік модельде өлшем мәндерін және бөліктің конфигурациясын қарапайым өзгерту арқылы жылдам өңдеуге мүмкіндік береді, осылайша дизайнның

сапасы, өнімділігі және тиімділігі артады.

Қаржыландыру. Зерттеулер ҚР БҒМ Ғылым комитеті қаржыландыратын ИРН АР09058231 «Ресурс-энергия үнемдейтін металл кесетін құралдарды зерттеу және жобалау» жобасы бойынша 2021-2023 жылдарға арналған жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Схиртладце А.Г., Чупина Л.А., Пульбере А.И., Гречишников В.А. Формообразующие инструменты в машиностроении. – М.: Новое знание, 2006. – 557 с.
2. Кишунов В.М., Черников П.П. Проектирование режущего инструмента в машиностроении. – М.: Издательство МАИ, 2006. – 159 с.
3. Фельдштейн Е.Э. Режущий инструмент. – Минск: Новое знание, 2007. – 400 с.
4. Volkov A.E., Medvedev V.I. Synthesis and Analysis Problems of Profiling the Tool for Grinding Helical Surfaces // Bulletin of Kalashnikov ISTU. – 2017. – Т. 20. – №. 2. – С. 51-54.
5. Дудак Н.С., Касенов А.Ж., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К. Расчёт профиля круглого фасонного резца // Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции: Инновации в машиностроении – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – С. 212-218.
6. Смирнов М.Ю., Киреев Г.И., Демидов В.В. Расчет и проектирование фасонных резцов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 77 с.
7. Ромашев А.Н., Овчаренко А.Г., Смирнов В.В., Фирсов А.М. Проектирование фасонных резцов в графической среде // Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции: Инновации в машиностроении – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2018. – С. 212-216.
8. Kassenov A.Zh., Zhanbulatova L.D., Aidarkhanov D.A. Applications in Engineering // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3-4. – С. 75-81.
9. Стенин В.А. Энергосберегающее профилирование режущего инструмента // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2015. – № 2 (63). – С. 36-38.
10. Ковалева Л.И., Заставский К.О. Особенности профилирования круглых фасонных резцов в Autodesk Inventor // Велес. – 2017. – № 5-1 (47). – С. 54-58.
11. Гусев В.А., Петровский В.С., Померанцев М.А. Моделирование фасонных токарных резцов в САПР Pro/Engineer. – 2015.
12. Баландин А.Д., Мишкин С.В. Расчет фасонных резцов врезного типа с помощью графического пакета «КОМПАС 3D V8» // СТИН. – 2007. – № 1. – С. 13-19.
13. Касенов А.Ж., Жанбулатова Л.Д. Обзор и анализ возможностей прикладных программ // САПР и графика. 2017. – № 2. – С. 34-36.

Параметризация проектирования круглых фасонных резцов

¹*КАСЕНОВ Асылбек Жумабекович, к.т.н., профессор, asylbek_kasenov@mail.ru,

¹МАЗДУБАЙ Асылхан Владимирович, PhD, ассоциированный профессор, asylkhan_m@mail.ru,

¹ИТЫБАЕВА Галия Тулеубаевна, к.т.н., профессор, galia-itibaeva@mail.ru,

¹МУСИНА Жанара Керейовна, к.т.н., профессор, mussina_zhanara@mail.ru,

¹ТАСКАРИНА Айжан Жумажановна, PhD, ассоциированный профессор, aya_taskarina@mail.ru,

¹Торайгыров университет, Казахстан, 140008, Павлодар, ул. Ломова, 64,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье рассматривается параметризация проектирования круглых фасонных резцов с базовой линией. Параметризация проектирования, в зависимости от фасонного профиля детали позволяет применить унифицированный подход и легко автоматизировать расчёт. Целью исследования является повышение качества проектирования с использованием параметризации для сокращения сроков проектирования и технологической подготовки производства. Параметризация позволяет изменять размеры и конфигурацию детали в зависимости от требований производства. При параметрическом проектировании круглого фасонного резца сокращается время на профилирование, улучшается качество, повышаются производительность и эффективность.

Ключевые слова: круглый фасонный резец, графическое профилирование, параметризация, САПР, 3D-модель.

The Parameterization of Designing Round Forming Cutters

¹*KASSENOV Assylbek, Cand. Tech. Sci., Professor, asylbek_kasenov@mail.ru,

¹MAZDUBAI Assylkhan, PhD, Associate Professor, asylkhan_m@mail.ru,

¹ITYBAYEVA Galiya, Cand. Tech. Sci., Professor, galia-itibaeva@mail.ru,

¹MUSSINA Zhanara, Cand. Tech. Sci., Professor, mussina_zhanara@mail.ru,

¹TASKARINA Aizhan, PhD, Associate Professor, aya_taskarina@mail.ru,

¹Toraighyrov University, Kazakhstan, 140008, Pavlodar, Lomov Street, 64,

*corresponding author.

Abstract. The article discusses the parameterization of the design of round shaped cutters with a baseline. Parameterization of the design, depending on the shaped profile of the part, allows you to apply a unified approach and easily automate the calculation. The aim of the research is to improve the quality of design using parameterization to reduce the design time and technological preparation of production. Parameterization allows you to change the dimensions and configuration of the part depending on the production requirements. Parametric design of a round shaped cutter reduces the time for profiling, improves quality, increases productivity and efficiency.

Keywords: round shaped cutter, graphic profiling, parameterization, CAD, 3D model.

REFERENCES

1. Shirladze A.G., Chupina L.A., Pul'bere A.I., Grechishnikov V.A. Formoobrazujushhie instrumenty v mashinostroenii [Forming tools in mechanical engineering]. Moscow: Publ. Novoe znanie, 2006. – 557 p.
2. Kishurov V.M., Chernikov P.P. Proektirovanie rezhushhego instrumenta v mashinostroenii [Design of cutting tools in mechanical engineering]. Moscow: Publ. MAI, 2006. – 159 p.
3. Fel'dshtejn E.Je. Rezhushhij instrument [Cutting tool]. Minsk: Publ. Novoe znanie, 2007. – 400 p.
4. Volkov A.E., Medvedev V.I. Synthesis and Analysis Problems of Profiling the Tool for Grinding Helical Surfaces //Bulletin of Kalashnikov ISTU. 2017. – Vol. 20. – no. 2. – pp. 51-54.
5. Dudak N.S., Kasenov A.Zh., Itybaeva G.T., Musina Zh.K. Raschjot profilja kruglogo fasonnogo rezca [Calculation of the profile of a round shaped cutter] // Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Innovacii v mashinostroenii [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference: Innovations in mechanical engineering]. Novosibirsk: Novosibirskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 2017. – pp. 212-218.
6. Smirnov M.Ju., Kireev G.I., Demidov V.V. Raschet i proektirovanie fasonnyh rezcov [Calculation and design of shaped cutters]. Ul'janovsk: Publ. UIGTU, 2011. – 77 p.
7. Romashev A.N., Ovcharenko A.G., Smirnov V.V., Firsov A.M. Proektirovanie fasonnyh rezcov v graficheskoy srede [Design of shaped cutters in a graphic environment] // Sbornik trudov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Innovacii v mashinostroenii [Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference: Innovations in mechanical engineering] – Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. I.I. Polzunova, 2018. – pp. 212-216.
8. Kasenov A. Zh., Zhanbulatova L. D., Aidarkhanov D.A., Applications in Engineering // Nauka i tehnika Kazahstana – 2016 – no. 3-4 – pp. 75-81.
9. Stenin V.A. Jenergosberegajushhee profilirovanie rezhushhego instrumenta [Energy-saving profiling of cutting tools]. Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. – no. 2 (63). – pp. 36-38.
10. Kovaleva L.I., Zastavskij K.O. Osobennosti profilirovanija kruglyh fasonnyh rezcov v Autodesk Inventor [Features of profiling of round shaped cutters in Autodesk Inventor]. Veles. – 2017. – no. 5-1(47). – pp. 54-58.
11. Gusev V.A., Petrovskij V.S., Pomerancev M.A. Modelirovanie fasonnyh tokarnyh rezcov v SAPR Pro/Engineer [Modeling of shaped turning tools in CAD Pro/Engineer]. – 2015.
12. Balandin A.D., Mishkin S.V. Raschet fasonnyh rezcov vreznogo tipa s pomoshh'ju graficheskogo paketa "KOMPAS 3D V8" [Calculation of shaped incisors of the mortise type using the graphic package "COMPASS 3D V8"]. STIN. – 2007. – no. 1. – pp. 13-19.
13. Kasenov A.Zh., Zhanbulatova L.D. Obzor i analiz vozmozhnostej prikladnyh programm [Overview and analysis of application software capabilities]. SAPR i grafika. 2017. – no. 2. – pp. 34-36.