

UDK 004.896; 519.876.5

DETALLARGA YUQORI ANIQLIKDA MEXANIK ISHLOV BERISH JARAYONLARINI RAQAMLI LOYIHALASH

Sulyukova L.F.¹, Yakubjanova D.K.², Djumayev S.N.²

¹ “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti”

Milliy tadqiqot universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

² Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Samarqand filiali, Samarqand, O‘zbekiston

slf72@yandex.com, dilya55575@mail.ru, sindordjumayev@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola detallarga yuqori aniqlikda mexanik ishlov berish jarayonini raqamli loyihalashni ask ettiradigan dasturiy ta‘minotni ishlab chiqish zarurati va ushbu dasturiy ta‘minotdan olingan natijalar tahliliga bag‘ishlangan. Maqolada detallarga raqamli ishlov berishda raqamli loyihalash imkoniyatlari batafsil keltiriladi. Bu jarayonning asosida Digital Twin ishlab chiqish texnologiyasi turadi. Korxonalarda raqamli egizaklarni loyihalash va joriy etish bo‘yicha o‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, raqamli ishlab chiqarishni 3D modellashtirish metodologiyasi, virtual modellarni yaratish, raqamli ishlab chiqarishni simulyatsiya qilish usullari raqamli texnologiyalarni joriy etish, loyihalarni asoslash imkonini beradi. Ishlab chiqilgan dasturiy ta‘minotdan foydalanish natijasida olingan natijalar samaradorligi va qayd etiladigan xatoliklar haqida batafsil yoritilgan.

Kalit so‘zlar: Raqamli loyihalash, raqamli egizak, mexanik ishlov berish, detal, dasturiy ta‘minot, kompyuterli raqamli boshqaruv, modellashtirish, matematik model, grafik model, 3D model.

I. KIRISH

Zamonaviy mashinasozlikning hozirgi yondashuvlaridan biri ishlab chiqarishga raqamli loyihalash texnologiyalarini jadal joriy etishdir. Ushbu muammoni hal qilish qayta ishlangan detallarning shakllari va geometrik o‘lchamlarining talab qilinadigan aniqligini ta‘minlash masalalarini ko‘rib chiqish bilan uzviy bog‘liqdir. Shuningdek, mashinalar va uskunalarning metall sarfini kamaytirish muammosi yuqori aniqlikdagi detallar deb ataladigan sinfdan keng foydalanishni talab qildi [1].

Kerakli aniqlik va sirt sifatini ta‘minlaydigan texnologik ishlov berish tizimining raqamli modelini qurish muammolarini hal qilish, ishlov berish jarayonida detal, asbob va uskunaning tarkibiy qismlari nisbiy harakatda bo‘lishi bilan murakkablashadi, maqsadli va nazariy tadqiqotlarsiz jarayonlarni oldindan aniqlash deyarli mumkin bo‘lmagan murakkab dinamik tizimni ifodalaydi [2]. Muammoni hal qilishning eng to‘g‘ri yo‘nalishi - ishlov beriladigan detalga ta‘sir qilishning ilmiy jihatdan tasdiqlangan texnologik usullariga asoslangan aksimetrik qismlarga ishlov berish uchun texnologik tizimning raqamli egizakini yaratishdir.

II. DETALLARGA MEXANIK ISHLOV BERISHDA RAQAMLI LOYIHALASH IMKONIYATI

Fizik obyektning har qanday kompyuterli grafik tasvirini raqamli egizak deb hisoblash mumkin. Kompyuterli raqamli boshqaruv (CNC-computer numerical control) yordamida ishlov beriladigan detalning raqamli egizakini yaratishning afzalligi, boshqaruv tizimining dasturiy ta‘minoti tomonidan qayd etilgan ishlov berish jarayonining xususiyatlarini aks ettiradi.

Modellashtirishda ishlov berishning aniqligi bo‘yicha haqiqiy natijalarni olishni ta‘minlaydigan parametrlar munosabatini hisobga olish kerak. Eng muhim omillar sifatida kesish kuchlarining tarkibiy qismlari hisobga olinadi, ular uzunligi yo‘nalishdagi shakl xatoligiga dominant ta‘sir ko‘rsatadi.

Kesish kuchlarining tarkibiy qismlarining qiymatlari kesish rejimlari va geometriyasi bilan belgilanadi [3].

Murakkab matematik modelning asosiy qismi geometrik modellashtirish algoritmi bo‘lib, kesish asbobining va ishlov beriladigan sirtning o‘zaro joylashuvi to‘g‘risidagi ma‘lumotlarga asoslanib, kesish qalinligini aniqlashga, shuningdek ishlov berish jarayonida qismning yangi yuzasini shakllantirishga imkon beradi [4].

Mexanik ishlov berish tizimini modellashtirish masalalarini paxta terish mashinasining terish apparati tortuvchi vali ishlab chiqarish uchun tokarlik operatsiyasi misolida ko'rib chiqaylik.

Matematik modelni olish imkonini beradigan usullardan biri - detal parametrlariga va ishlov berish jarayonining parametrlariga (yuklash kuchlariga) bog'liq ravishda elastik chiziq turining tavsifi, doimiy koeffitsientli to'rtinchi tartibli differensial tenglamalar tizimi ko'rinishidagi uzunligi bo'yicha ko'ndalang egilish paytida qattiq bo'lmagan detal elastik chiziqning tavsifini qurishdir. Belgilangan buzilishlar detalning

uzunligini buzadigan har bir bo'lim uchun konsentratsiyalangan kuchlar va momentlar mavjud bo'lganda, differensial tenglamalar amal qiladi:

$$Y_i^{IV} - \alpha^2 \cdot Y_i'' = 0, \quad \alpha = \sqrt{\frac{P_{x1}}{E \cdot I}}, \quad (1)$$

(1) tenglamani yechimini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Y_i(X_i) = A_i \cdot sh\alpha \cdot X_i + B_i \cdot ch\alpha \cdot X_i + C_i \cdot X_i + D_i, \quad (2)$$

u holda $i \in \{1, 2\}$

$$\begin{cases} Y_1(X_1) = A_1 \cdot sh\alpha \cdot X_1 + B_1 \cdot ch\alpha \cdot X_1 + C_1 \cdot X_1 + D_1 \\ Y_2(X_2) = A_2 \cdot sh\alpha \cdot X_2 + B_2 \cdot ch\alpha \cdot X_2 + C_2 \cdot X_2 + D_2 \end{cases} \quad (3)$$

Berilgan, $M_1(X_1) = EI \cdot Y_1''$, $P_1(X_1) = EI \cdot Y_1'''$
 $M_2(X_2) = EI \cdot Y_2''$, $P_2(X_2) = EI \cdot Y_2'''$ da har bir koordinata tizimi uchun chegaraviy shartlaridan $X_1=0$, og'ish $Y_1(0)=0$, detalning aylanish burchagi $Y_1'(0)=0$ va $EI \cdot Y_1''(0) = M_0$, $EI \cdot Y_1'''(0) = Q_0$ doimiy koeffitsientlar aniqlanadi:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{Q_0}{RI \cdot \alpha^3}, \quad B_1 = \frac{M_0}{RI \cdot \alpha^2}, \\ C_1 &= -\frac{Q_0}{RI \cdot \alpha^2}, \quad D_1 = -\frac{M_0}{RI \cdot \alpha^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

va (4) ni hisobga olgan holda I bo'lim uchun burilish tenglamasi va α uchun ifodalar shaklda yozilishi mumkin.

$$\begin{aligned} Y_1(X_1) &= \frac{Q_0}{\alpha \cdot P_{x1}} (sh\alpha \cdot X_1 - \alpha \cdot X_1) + \\ &+ \frac{M_0}{P_{x1}} (ch\alpha \cdot X_1 - 1). \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Y_2(X_2) &= \frac{Q_0 \cdot ch\alpha \cdot a + M_0 \cdot \alpha \cdot sh\alpha \cdot a + P_{uz2}}{\alpha \cdot P_{x1}} (sh\alpha \cdot X_2 - \alpha \cdot X_2) + \\ &+ \frac{Q_0 \cdot sh\alpha \cdot a + M_0 \cdot \alpha \cdot ch\alpha \cdot a}{\alpha \cdot P_{x1}} (ch\alpha \cdot X_2 - 1). \end{aligned} \quad (7)$$

Q_0 va M_0 boshlang'ich parametrlarining qiymatlari detal oxiridagi chegara shartlari bilan belgilanadi:

$$Y_2'(L-a) = 0. \quad (8)$$

va egilgan-cho'zilgan detalda oxiridagi aylanishlar tenglamasi

$$Y_1(a) = -Y_2(L-a). \quad (9)$$

A_2 , B_2 , C_2 va D_2 doimiy koeffitsientlari $Y_1'(a)=Y_2'(0)$, $EI \cdot Y_1''(a)=EI$ deformatsiyalarining $X_2=0$ chegaraviy shartlaridan, muvozanat va moslik shartlaridan aniqlanadi. $Y_2''(0)$, $EI \cdot Y_1'''(a)+P_{uzg}=EI \cdot Y_2'''(0)=0$ va bunda quyidagilarga tengdir:

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{Q_0 \cdot ch\alpha \cdot a + M_0 \cdot sh\alpha \cdot a + P_{uz2}}{\alpha^3 \cdot EI}, \\ B_2 &= \frac{Q_0 \cdot sh\alpha \cdot a + M_0 \cdot \alpha \cdot ch\alpha \cdot a}{\alpha^3 \cdot EI}, \\ C_2 &= \frac{Q_0 \cdot ch\alpha \cdot a + M_0 \cdot \alpha \cdot sh\alpha \cdot a + P_{uz2}}{\alpha^3 \cdot EI}, \\ D_2 &= \frac{Q_0 \cdot sh\alpha \cdot a + M_0 \cdot \alpha \cdot ch\alpha \cdot a}{\alpha^3 \cdot EI}. \end{aligned} \quad (6)$$

va II bo'limdagi aylanish tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

Q_0 va M_0 boshlang'ich parametrlari: mos ravishda joylashtirishdagi kesish kuchi va moment (8) shartlar va muvozanat shartlari bilan belgilanadi.

$$\begin{aligned} \sum M(L) &= Q_0 L + M_0 + P_x \cdot \frac{\alpha}{2} + \\ &+ P_{uz2} (L-a) - P_{x1} \cdot e = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$Q_0 = \frac{P_{uzg} [(ch\alpha(L-a) + ch\alpha a(L-a) \cdot sh\alpha a - 1) + \alpha(L-a)ch\alpha(L-a) + \alpha(L-a)(ch\alpha(L-a) \cdot sh\alpha a - sh\alpha L)]}{[(1 - ch(L-a) - ch\alpha L + ch\alpha a) + \alpha(L-a)ch\alpha(L-a) + \alpha a(sh\alpha L - sh\alpha a)]},$$

$$M_0 = \frac{P_{uzg} [(\alpha(L-a)(ch\alpha L - ch\alpha a - ch\alpha(L-a) + \alpha a(1 - ch\alpha)(L-a) + sh\alpha(L-a)ch\alpha a - sh\alpha L + sh\alpha a)]}{\alpha[(1 - ch\alpha(L-a) - ch\alpha L + ch\alpha a) + \alpha(L-a)ch\alpha(L-a) + \alpha a(sh\alpha L - sh\alpha a)]}.$$

Markaziy kuchlanish kuchini qo‘llashda qismni mahkamlash yig‘ish rejimida amalga oshirilishi mumkin. Ushbu mahkamlash usuli koordinata o‘qi bo‘yicha harakatlanish imkoniyati bilan qattiq o‘rnatish sifatida talqin etiladi.

Solidworks dasturiy mahsulotida qismning grafik modeli va uni qayta ishlash jarayonining simulyatsiyasi yaratilgan [5].

Detalni va uni qayta ishlash jarayonini modellashtirishda quyidagi muammolar hal qilindi: model geometriyasi yaratildi; fizik-mexanik xossalari aniqlandi; chegara shartlari ko‘rsatilgan; chekli elementlar tarmog‘i qurilgan;

buralish, egilish, kuchlanish va silindrsimonlikdan og‘ish uchun valning hisoblashlari amalga oshirildi: natijalarni talqin qilish (izohlash) tugallandi [6].

1-rasmda buralish sinovida simulyatsiya (modellashtirish) natijalarining tanlangan ma’lumotlari jadval shaklida keltirilgan.

Turli turdagi deformatsiyalar uchun modellashtirish traektoriyasi bo‘ylab kuchlanishlarning taqsimlanishi rasmda kontur chiziqlari bilan tasvirlangan. 2- a, b, v rasmlar va 3-rasm (egilish kuchi tahlili).

Предел текучести [МПа]	235
Модуль упругости нормальный [МПа]	200000
Коэффициент Пуассона	0.3
Плотность [кг/м³]	7800
Температурный коэффициент линейного расширения [1/С]	0.000012
Теплопроводность [Вт/(м*С)]	55
Предел прочности при сжатии [МПа]	410
Предел выносливости при растяжении [МПа]	209
Предел выносливости при кручении [МПа]	139

Наименование	Значение
Тип элементов	4-х узловые тетраэдры
Максимальная длина стороны элемента [мм]	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1.5
Количество конечных элементов	3047
Количество узлов	982

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	0.016881	0.184277

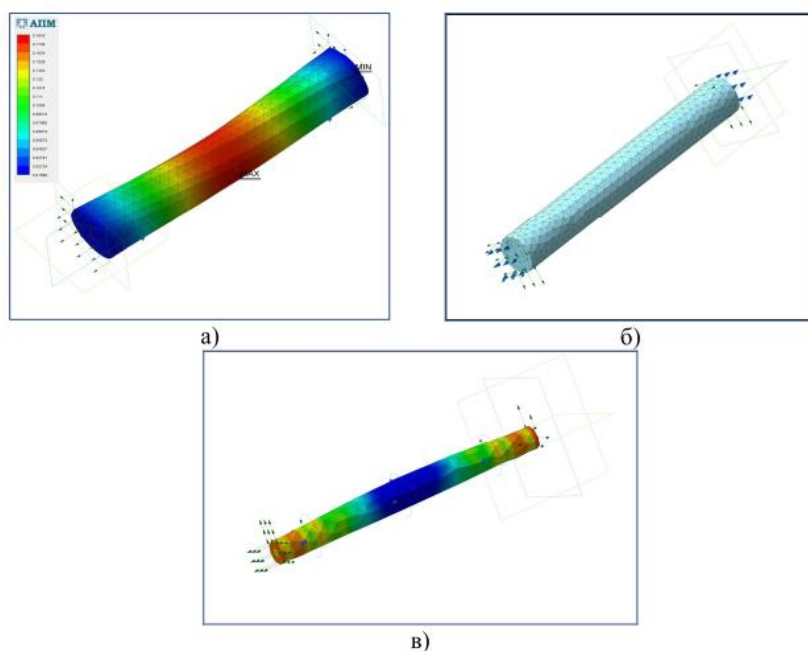
1-rasm. Materiallar xususiyatlarining jadval ma’lumotlari, parametrlarning chekli elementlar to‘ri va bo‘linish natijalari, statik hisoblar natijalari

Jarayon davomida kuchlanish va deformatsiyaning o‘zgarishi aniq ko‘rsatilgan. Shaklda “Max” bilan belgilangan chuqurroq nuqta. 2,3-rasmlar, kesish asbobining modellashtirish paytida ishlov beriladigan qism bilan o‘zaro ta’sirini ko‘rsatadi hamda elastik va plastik deformatsiyani birgalikda o‘z ichiga oladi, “Min” deb hisoblangan birlashtirilmagan qism esa faqat plastik deformatsiyani o‘z ichiga oladi. Kuchlanishlar bardoshlilik chegarasiga yetganda, kuchlanish paydo bo‘lishi mumkin. Elastik deformatsiya tufayli kuchlanishlar uskunaning ishlov beradigan qismi o‘tgandan keyin ishlov beriladigan qismdan yo‘qoladi va faqat plastik

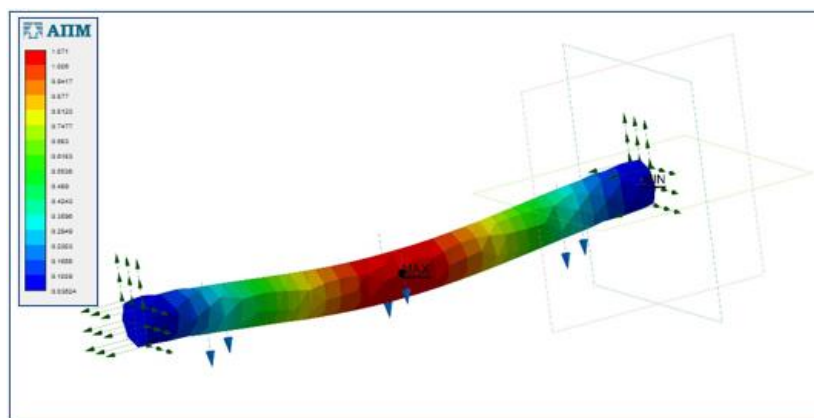
deformatsiya tufayli qoldiq kuchlanishlar ishlov beriladigan qismda qoladi.

Model qiyshiq egilish, buralish va ko‘ndalang egilishda to‘sin (detal)ning mustahkamligi va qat’iyligini hisoblash uchun ma’lum bo‘lgan material qarshiligi formulalari yordamida muvofiqligi uchun sinovdan o‘tkaziladi [7,8]. Hisoblashlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, asbobning turli pozitsiyalari va kuch qo‘llash variantlari uchun xato 3-5% dan oshmaydi. Bunday holda, qismning markaziga yaqinroq joyda maksimal deformatsiyalar kuzatiladi, nuqta “Max” indikatorini bilan aniqlanadi. Tadqiqot natijasida ma’lum bo‘ldiki, x, y, z siljish amplitudalarining maksimal qiymati kuch qo‘llash

nuqtasida ham, undan tashqarida ham bo'lishi mumkin.



2-rasm. Kuchlanish taqsimoti: a - buralish, б - kuchlanish, B - silindrsimonlikdan og'ish



3-rasm. Yo'naltiruvchi nuqtalarda asbob pozitsiyalari uchun "val" qismini modellashtirishda sirt kuchlanishlarini taqsimlash

Tashqi yukdan elastik deformatsiyalarni tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, maksimal qiymatlar radial yo'nalishda kuzatiladi (3-rasmga qarang), keyintangensial va eng kichik – kordinata o'qi yo'nalishida, eng katta qiymatlar detalning o'rtasiga to'g'ri keladi.

Avtotransport vositalarining ishlashi uchun ishlab chiqilgan matematik modellarni, optimal boshqaruv algoritmlarini va hisoblash tajribalarining dasturiy vositalarini amalga oshirish uchun ularni algoritmlar to'plami va past qattqlikdagi qismlarni mexanik qayta ishlash texnologik tizimlarini optimal boshqarish uchun dasturiy vositalar shaklida yagona tizimga birlashtirish kerak [9]. Ushbu dasturiy ta'minot

to'plami transport vositasining ishlashi uchun zarur bo'lgan maqbul parametrlarni ta'minlashi va past qattqlikdagi qismlarni burish uchun texnologik jarayonlarni raqamli loyihalash vositasi bo'lib xizmat qilishi kerak.

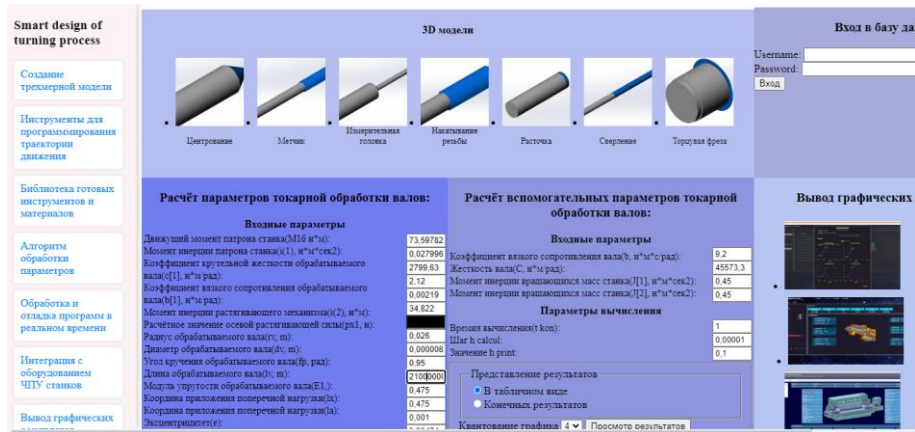
Dasturiy ta'minot tomonidan hal qilinadigan ayrim masalalar samarali ish rejimlarini aniqlash, potensial xavflarni aniqlash, mavjud ishlab chiqarish liniyalariga yangi texnologiyalarni kiritish, detallar ishlab chiqarish muddati va narxini qisqartirishdan iborat [10]. Bundan tashqari, raqamli egizaklar axborot xavfsizligini ta'minlash bosqichlarini aniqlash imkonini beradi. Qurilgan 3D modellar modellashtirilgan tizimni grafik tarzda namoyish etish, model

geometriyasini yaratish muammolarini hal qilish imkonini beradi; ishlov beriladigan detallarning fizik-mexanik xususiyatlarini, shuningdek funksional, konstruktiv-texnologik va geometrik parametrlarini aniqlash imkonini beradi [11,12]. Dasturlar detallarga mexanik ishlov beruvchi texnologik tizimlarini loyihalash samaradorligini ta'minlash uchun foydalanish mumkin. Yuqori har tomonlama, oddiy funksiyalar va ko'rsatmalar to'plami korxonaning axborot bo'limi tomonidan o'z kuchi bilan "raqamli egizaklar"ni kelgusida qo'llab-quvvatlashga imkon beradi.

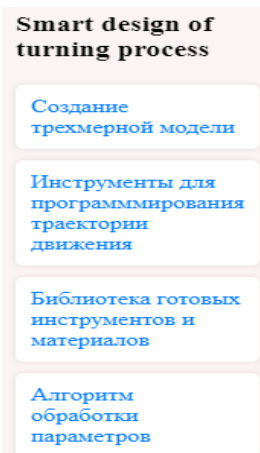
III. DASTURIY TA'MINOTDA DETALLARGA ISHLOV BERISHDA OLINGAN NATIJALAR

Dasturiy ta'minotning interfeysi quyidagi quyidagi 5 ta bo'limdan iborat (4-rasm):

- Smart design of turning process;
- 3D modellar;
- Ma'lumotlar bazasiga kirish;
- Grafik natijalar;
- Detallarga mexanik ishlov berish parametrlarini hisoblash.



4-rasm. Dasturiy ta'minot bosh oynasi



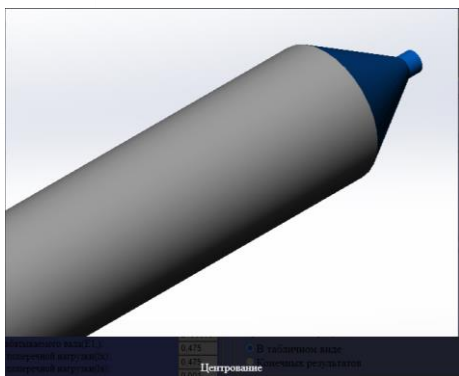
5-rasm. Smart design of turning process menyular bo'limi

Smart design of turning process bo'limi, bir nechta menyularga ajratilgan (5-rasm). Ushbu menyularning har biriga kirganimizda mos ravishda, uch o'lchamli modellarni yaratish, harakat trayektoriyasini dasturlash uchun vositalarni tanlash, tayyor uskunlar va materiallar kutubxonasi, parametrlarni qayta ishlash algoritmlari kabi vazifalarni o'z ichiga olgan sahifalar ishga tushadi.

3D modellar bo'limi, turli detallarning 3D modellarini o'z ichiga olgan (6-rasm). Ushbu bo'limdagi har bir detalni tanlaganimizda mos ravishda ushbu detalning kattalashtirilgan 3D tasvirini yaqqol ko'rishimiz mumkin (7-rasm).

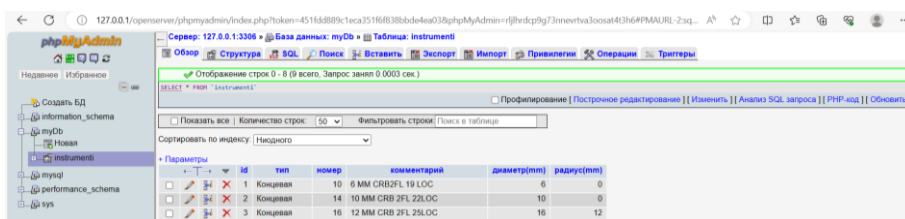


6-rasm. 3D modellar bo'limi



7-rasm. Detalning 3D modeli

Ma'lumotlar bazasiga kirish bo'limi ushbu dasturiy ta'minotning ma'lumotlar bazasiga kirish imkonini beradi (8-rasm):



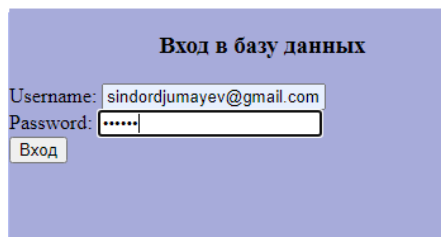
9-rasm. Ma'lumotlar bazasiga oynasi

Grafik natijalar bo'limida qayta ishlanayotgan detallarning 3D modellari animatsiya shaklidagi hamda detallarga ishlov berish jarayoni videotasviri joylashtirilgan (10-rasm).



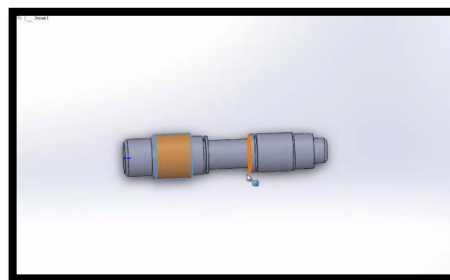
10-rasm. Grafik natijalar oynasi

Ushbu bo'limdagi detallarni yoki ishlov berish jarayonini tanlaganimizda, biz mazkur jarayonni animatsiya yoki videotasvir shaklini ko'rish hamda jarayon haqida tasavvurga ega bo'lishimiz mumkin (11-rasm).



8-rasm. Ma'lumotlar bazasiga kirish oynasi

Mazkur bo'limga kirish uchun foydalanuvchidan oldindan berilgan login va parol talab etiladi. Berilgan login va parolni terish orqali ma'lumotlar bazasi oynasiga kirganimizda, quyidagi oynani ko'rishimiz mumkin bo'ladi (9-rasm).



11-rasm. Detalning 3D modeli videotasviri

Dasturiy ta'minotning eng oxirgi va eng asosiy bo'limi bu, **Detallarga mexanik ishlov berish parametrlarini hisoblash** bo'limi hisoblanadi (12-rasm).

Mazkur bo'limda detal (val)larga tokarlik uskunasi yordamida ishlov berishda parametrlarni hisoblashning 2 xil usuli ko'rsatib o'tilgan bo'lib, bular:

- Detallarga tokarlik uskunasi yordamida ishlov berish parametrlarini hisoblash;
- Detallarga tokarlik uskunasi yordamida ishlov berish yordamchi parametrlarini hisoblash.

Keltirilgan ikkala usulda ham biz hisob natijalarini dastlab jadval shaklida, keyin esa grafik shaklida ham olishimiz mumkin bo'ladi. Dastur ta'minot oynasida berilgan namunaviy qiymatlarni foydalanuvchi istagan vaqtda o'zgartirib, shunga mos ravishda natija olishi mumkin bo'ladi.

Расчёт параметров токарной обработки валов:

Входные параметры

Движущий момент патрона станка($M16$, н*м):	73.59782
Момент инерции патрона станка($i(1)$, н*м*сек ²):	0.027996
Коэффициент крутильной жесткости обрабатываемого вала($c[1]$, н*м/рад):	2799.63
Коэффициент вязкого сопротивления обрабатываемого вала($b[1]$, н*м/рад):	0.00219
Момент инерции растягивающего механизма($i(2)$, н*м):	34.822
Расчётное значение осевой растягивающей силы($px1$, н):	
Радиус обрабатываемого вала(r_v , м):	0.026
Диаметр обрабатываемого вала(d_v , м):	0.000008
Угол кручения обрабатываемого вала(fr , рад):	0.95
Длина обрабатываемого вала(lv , м):	21000001
Модуль упругости обрабатываемого вала($E1$):	0.475
Координата приложения поперечной нагрузки(lx):	0.475
Координата приложения поперечной нагрузки(la):	0.001
Эксцентриситет(e):	3.28474
Коэффициент закрепления заготовки(k):	34.822
Составляющие силы резания($pz1$, н):	

Параметры вычисления

Время вычисления(t кон):	1
Шаг h calcul:	0.00001
Значение h print:	0.1

Представление результатов
 В табличном виде
 Конечных результатов

Квантование графика 4 | Просмотр результатов

Расчёт вспомогательных параметров токарной обработки валов:

Входные параметры

Коэффициент вязкого сопротивления вала(b , н*м*с/рад):	9.2
Жесткость вала(C , н*м/рад):	45573.3
Момент инерции вращающихся масс станка($J[1]$, н*м*сек ²):	0.45
Момент инерции вращающихся масс станка($J[2]$, н*м*сек ²):	0.45

Параметры вычисления

Время вычисления(t кон):	1
Шаг h calcul:	0.00001
Значение h print:	0.1

Представление результатов
 В табличном виде
 Конечных результатов

Квантование графика 4 | Просмотр результатов

12-rasm. Detallarga mexanik ishlov berish parametrlarini hisoblash oynasi

IV. XULOSA

Ishlab chiqilgan modellar va algoritmlar, shuningdek dasturiy ta'minot kesish kuchining tarkibiy qismlarini, qismlarni mexanik ishlov berish paytida koordinata o'qi bo'yicha cho'zish kuchi va burilish qiymatlarini hisoblash, burilish ishlov berish texnologik tizimining qurilgan dinamik modeli asosida kesish kuchlarining tarkibiy qiymatlarini taqdim etish imkoniyatini beradi. Avtotransport vositasining ishlashining dizayn va texnologik parametrlarini aniqlashga imkon beradi.

Dasturiy ta'minot ishlov beriladigan qismlarning zarur funksional, konstruktiv, texnologik va geometrik parametrlarini hisoblash va tanlashni ta'minlaydi va past qattqlikdagi qismlarni burish uchun texnologik jarayonlarni loyihalash jarayonida ishlatilishi mumkin. Mexanik ishlov berish jarayonlarining 3 o'lvovli grafik modellarini qurishni ta'minlaydi, model geometriyasini yaratish muammosini hal qilish, fizik-mexanik xususiyatlarni aniqlash, virtual modelda chegara sharoitlarini aniqlashda foydalaniladi.

ADABIYOTLAR

[1] Sulyukova L.F., Yakubjanova D.K. and Djumaev S.N. Modeling and assessment of the energy state of the technological system of mechanical processing when creating digital twins/ E3S Web of Conf. Volume 402, 2023. International Scientific Siberian Transport Forum -

TransSiberia 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340203010>.

[2] Azimov B.M., Sulyukova L.F. Optimal Control of Grinding Processes of Non-Rigid Shafts in Elastically Deformed State. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. Vol. 1210. 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1210/1/012003>

[3] Grote K.-H., Antonsson E.K. Handbook of Mechanical Engineering. Springer, New York, 2008. -1589 p.

[4] Воронов С.А., Киселев И.А. Комплексная математическая модель динамики пространственного фрезерования податливых сложнопрофильных деталей// Проблемы механики современных машин. Москва, 2012. Т. 2.

[5] Князев В. В. Технологии CAD-систем в инженерном графическом образовании. 2012 г.

[6] Мухина М. Л. Ширшова И. А. Вопросы инженерной графики в новых информационных технологиях. 2018г.

[7] Voronov S.A. and Veidun M. Mathematical Modeling of the Cylindrical Grinding Process// Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2017. Vol. 46.No. 4. P. 394–403.

[8] Azimov, B.M.; and Sulyukova, L.F. 2017. The Calculation and Optimal Control by the Technological Processes of a Puller Shaft Turning Processing. American Journal of Science and Technology, 4(1), 5-12.

- [9] Azimov, B.M.; and Sulyukova, L.F. 2012. Mathematic modelling and the optimal control of the small rigidity details processing technological system. Reference book. Engineering magazine, 3, 45-51. Moscow: Machinery.
- [10] Rao, R.V. 2011. Modelling and Optimization of Machining Processes. In: Advanced Modelling and Optimization of Manufacturing Processes. Springer Series in Advanced Manufacturing. 55-175. London: Springer.
- [11] Boschert, S.; et al. 2016. Digital Twin - The Simulation Aspect I P. Hehenberger, D. Bradley (Eds.)// Mechatronic Futures. Springer International Publishing, Pp. 59-74. DOI: 10.1007/978-3-319-32156-1_5
- [12] Uhlemann, T.H.-J.; Steinhilper, C.L.R., Steinhilper R. 2017. The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0. Procedia CIRP.. Vol. 61. Part of special issue: The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering. Pp. 335-340.

Поступила в редакцию 14.01.2024

Citation: Sulyukova, L., Yakubjanova, D., & Djumayev, S. (2024). Detallarga yuqori aniqlikda mexanik ishlov berish jarayonlarini raqamli loyihalash. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий, 7(1), 31–38. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i1.158>

DIGITAL DESIGN OF TURNING PROCESSES FOR HIGH PRECISION PARTS

Sulyukova L.F.¹, Yakubjanova D.K.², Djumayev S.N.²

¹“Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University, Tashkent, Uzbekistan

² Samarkand Branch of Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan
slf72@yandex.com, dilya55575@mail.ru, sindordjumayev@gmail.com

Abstract. *This article is devoted to the analysis of the need to develop software that allows digital design of the machining process with high accuracy and analysis of the results obtained using this software. The article describes in detail the possibilities of digital design in mechanical processing of parts. This process is based on smart design technology. The constructed 3D models allow you to graphically display the modelled system and solve the problems of creating model geometry; determine the physical and mechanical properties of the processed parts, as well as functional, structural, technological and geometric parameters. The program can be used to ensure the efficiency of designing technological systems for mechanical processing of parts.*

Keywords: *digital design, digital twin, processing, detailing, software, numerical control, modeling, mathematical model, graphical model, 3D model.*

ЦИФРОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

Сулюкова Л.Ф.¹, Якубжанова Д.К.², Джумаев С.Н.²

¹ Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

² Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Самарканд, Узбекистан
slf72@yandex.com, dilya55575@mail.ru, sindordjumayev@gmail.com

Аннотация. *Данная статья посвящена анализу необходимости разработки программного обеспечения, позволяющего осуществлять цифровое проектирование процесса механической обработки с высокой точностью и анализу результатов, полученных с помощью этого программного обеспечения. В статье подробно описаны возможности цифрового проектирования технологических систем обработки деталей. Этот процесс основан на технологии smart design. Построенные 3D-модели позволяют графически отобразить моделируемую систему, решить задачи создания геометрии модели; определить физико-механические свойства обрабатываемых деталей, а также функциональные, структурно-технологические и геометрические параметры. Программа может быть использована для обеспечения эффективности проектирования технологических систем механической обработки деталей.*

Ключевые слова: *цифровое проектирование, цифровой двойник, обработка, детализация, программное обеспечение, цифровое управление, моделирование, математическая модель, графическая модель, 3D-модель.*