



## MATHCADDA ANIMATSIYA YARATISHNING NAZARIY ASOSLARI VA UNING ILMIIY VIZUALIZATSIYADAGI O'RNI

*Sharofutdinov Iqboljon Usmonjon o'g'li*

*Farg'ona davlat universiteti*

*Katta o'qituvchisi p.f.f.d (PhD)*

[\*iqbol0766@gmail.com\*](mailto:iqbol0766@gmail.com)

*A'zamova Sevinch Umid qizi*

*Farg'ona davlat universiteti talabasi*

[\*sevincazamova02@gmail.com\*](mailto:sevincazamova02@gmail.com)

**ANNOTATSIYA:** Ushbu maqolada matematik hisoblash tizimi bo'lmish Mathcad muhitida animatsiya yaratishning nazariy asoslari va uning ilmiy vizualizatsiyadagi o'rni keng ko'lamda tahlil qilinadi. Maqolada animatsiyaning matematik modellari, parametrik tenglamalar asosida harakatni ifodalash usullari, shuningdek Mathcad dasturiy muhitining animatsiya imkoniyatlaridan samarali foydalanish metodikasi yoritiladi. Animatsiyaning ilmiy tadqiqotlarda qo'llanilishi, fizik va matematik jarayonlarni dinamik ko'rinishda namoyon etishning pedagogik ahamiyati hamda vizualizatsiyaning bilish jarayoniga ta'siri atroflicha o'rganiladi. Mathcad tizimida animate funksiyasi va FRAME o'zgaruvchisi yordamida animatsiya ketma-ketligini yaratish algoritmlari, kadr-kadr tasvirlarni boshqarish prinsiplari ilmiy asoslarda bayon etiladi.

**Kalit so'zlar (o'zbekcha):** Mathcad, animatsiya, ilmiy vizualizatsiya, parametrik tenglama, FRAME o'zgaruvchisi, matematik modellash, dinamik tasvir, kadr ketma-ketligi, raqamli simulatsiya, differensial tenglama.

**АННОТАЦИЯ:** В данной статье рассматриваются теоретические основы создания анимации в среде математической вычислительной системы Mathcad и её роль в научной визуализации. Анализируются математические модели анимации, методы представления движения на основе параметрических уравнений, а также методика эффективного использования



анимационных возможностей программной среды Mathcad. Подробно изучается применение анимации в научных исследованиях, педагогическое значение динамического отображения физических и математических процессов, а также влияние визуализации на познавательный процесс. На научной основе излагаются алгоритмы создания анимационных последовательностей с использованием функции *animate* и переменной *FRAME* в системе Mathcad, а также принципы покадрового управления изображениями.

**Ключевые слова:** Mathcad, анимация, научная визуализация, параметрическое уравнение, переменная *FRAME*, математическое моделирование, динамическое изображение, последовательность кадров, цифровое моделирование, дифференциальное уравнение.

**ANNOTATION:** This article examines the theoretical foundations of animation creation in the Mathcad mathematical computing environment and its role in scientific visualization. The mathematical models of animation, methods of representing motion based on parametric equations, and the methodology for effective use of animation capabilities in the Mathcad software environment are analyzed in detail. The application of animation in scientific research, the pedagogical significance of dynamic representation of physical and mathematical processes, and the impact of visualization on the cognitive process are thoroughly studied. The algorithms for creating animation sequences using the *animate* function and the *FRAME* variable in the Mathcad system, as well as the principles of frame-by-frame image control, are presented on a scientific basis.

**Keywords (English):** Mathcad, animation, scientific visualization, parametric equation, *FRAME* variable, mathematical modeling, dynamic image, frame sequence, digital simulation, differential equation.

## KIRISH

Zamonaviy fan va ta'limning rivojlanishi bilan birga ilmiy bilimlarni vizual shaklda ifodalash zaruriyati tobora muhim ahamiyat kasb etib bormoqda. Raqamli texnologiyalar rivojlanishining hozirgi bosqichida matematik modellashtirish va



ilmiy vizualizatsiya vositalari ilmiy tadqiqotlarning ajralmas qismiga aylangan. Bu borada kompyuter matematikasining kuchli tizimlaridan biri bo'lgan Mathcad dasturiy muhiti alohida o'rin egallaydi. Mathcad foydalanuvchilarga nafaqat murakkab matematik hisob-kitoblarni amalga oshirish, balki turli jarayonlarni animatsiya shaklida ko'rsatish imkonini ham beradi.

Animatsiya — bu ketma-ket ko'rsatiladigan turli xil statik tasvirlar yordamida harakatning illuziyasini yaratish san'ati va texnologiyasidir (Halas va Manvell, 1968). Ilmiy animatsiya esa bu imkoniyatni fan manfaatiga yo'naltirib, murakkab jarayonlarni tushunishni osonlashtiradigan vosita sifatida namoyon bo'ladi. Fizika, kimyo, biologiya va muhandislik kabi sohalarda kuzatish qiyin yoki mutlaqo kuzatib bo'lmaydigan hodisalarni animatsiya orqali ko'rgazmali tarzda ifodalash mumkin.

Mathcad tizimida animatsiya yaratish imkoniyati birinchi marta 1990-yillarning o'rtalarida joriy etilgan bo'lib, u vaqtdan beri dasturning har bir yangi versiyasida bu funkcionallik takomillashtirib borilgan (Maxfield, 2012). Hozirgi kunda PTC Mathcad Prime versiyalarida animatsiya yaratish uchun FRAME o'zgaruvchisiga asoslangan mexanizm qo'llaniladi. Bu mexanizm foydalanuvchiga vaqt o'tishi bilan o'zgaradigan matematik funksiyalar va geometrik ob'ektlarni kadr-kadr ko'rinishida tasvirlash imkonini beradi.

Ushbu maqolaning maqsadi — Mathcad muhitida animatsiya yaratishning nazariy asoslarini ilmiy jihatdan tahlil qilish, animatsiyaning ilmiy vizualizatsiyadagi rolini aniqlash va ushbu vositalardan ta'lim hamda ilmiy tadqiqotlarda samarali foydalanish yo'llarini ko'rsatishdan iborat. Maqola muallifi mavzuning nazariy va amaliy jihatlarini muvozanatli tarzda yoritishga harakat qilgan.

## ANIMATSIYANING NAZARIY ASOSLARI

Animatsiyaning matematik mohiyatini tushunish uchun avvalo uning formal ta'rifiga murojaat qilish zarur. Matematik nuqtai nazardan, animatsiya — bu vaqt parametri  $t \in [t_0, t_n]$  ga bog'liq bo'lgan funksiyalar oilasi  $f(x, t)$  ning diskret yoki uzluksiz o'zgarishini vizual tarzda ifodalash jarayonidir (Foley va boshq., 1990).



Umumiy holda, animatsiyalangan ob'ektning holati quyidagi funksional munosabat orqali ifodalanadi:

$$S(t) = F(S_0, t)$$

bu yerda  $S(t)$  —  $t$  vaqt momentidagi holat,  $S_0$  — boshlang'ich holat,  $F$  — o'tish funksiyasi. Ushbu abstrakt ko'rinish animatsiyaning barcha turlariga tatbiq etilishi mumkin: mexanik harakatdan tortib kimyoviy reaksiyalar dinamikasigacha.

Raqamli animatsiyada vaqt uzluksiz emas, balki diskret tarzda ifodalanadi. Bunda kadrlar soni  $N$  va animatsiya davomiyligi  $T$  orqali kadr tezligi (frame rate) quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{fps} = N / T$$

Standart ilmiy animatsiyalar uchun odatda 15–30 kadr/soniya tezlik etarli hisoblanadi, garchi ba'zi murakkab dinamik jarayonlarni ko'rsatishda yuqoriroq tezlik talab etilishi mumkin.

## Parametrik tenglamalar va harakatni ifodalash

Animatsiyada ob'ektlarning harakatini tasvirlashning asosiy matematik usullaridan biri parametrik tenglamalar tizimidan foydalanishdir. Parametrik shakl quyidagidan iborat:

$$x = x(t), y = y(t)$$

bu yerda  $t$  — parametr (ko'pincha vaqt) bo'lib,  $x$  va  $y$  koordinatalar vaqtga bog'liq funksiyalar sifatida beriladi (Kreyszig, 2011). Masalan, doimiy tezlanish ostida harakat qilayotgan jismning koordinatalari:

$$x(t) = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2 \quad y(t) = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot t^2$$

Mathcad muhitida bunday parametrik tenglamalarni bevosita kiritib, keyin FRAME o'zgaruvchisi yordamida  $t$  ning qiymatlarini ketma-ket o'zgartirish orqali harakatlanuvchi ob'ektning animatsiyasini hosil qilish mumkin.

Murakkab harakatlarni ifodalashda esa aylana harakati uchun Furye qatorlari yoki raqamli boshqaruv tizimlarida keng ishlatiladigan interpolatsiya usullari qo'llaniladi. Aylana harakat uchun parametrik munosabat:

$$x(t) = R \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad y(t) = R \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

bu yerda  $R$  — radius,  $\omega$  — burchak tezligi,  $\varphi_0$  — boshlang'ich faza.



## Differensial tenglamalar asosida animatsiya

Ko'pgina fizik jarayonlar differensial tenglamalar yordamida ifodalanadi va bu tenglamalarning yechimini animatsiya ko'rinishida namoyon etish ilmiy vizualizatsiyaning muhim qismini tashkil etadi. Ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglama shaklidagi matematik mayatnik modeli:

$$d^2\theta/dt^2 + (g/L) \cdot \sin(\theta) = 0$$

bu yerda  $\theta$  — og'ish burchagi,  $g$  — erkin tushish tezlanishi,  $L$  — ipning uzunligi. Mathcad da bu tenglamani Runge-Kutta usuli yordamida yechib,  $\theta(t)$  funksiyasini aniqlash va keyin animatsiya orqali mayatnikning tebranish jarayonini ko'rsatish mumkin (Polyanin va Zaitsev, 2003).

Bunday yondashuv talabalar va tadqiqotchilar uchun mavhum matematik tenglamalar bilan haqiqiy fizik jarayonlar o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rgazmali ravishda tushunishga yordam beradi.

## MATHCAD MUHITIDA ANIMATSIYA YARATISH

### FRAME o'zgaruvchisi va animatsiya mexanizmi

Mathcad da animatsiya yaratishning markaziy elementi — bu FRAME o'zgaruvchisidir. Ushbu o'zgaruvchi animatsiyaning joriy kadr raqamini ifodalovchi butun son bo'lib, Mathcad tomonidan avtomatik ravishda boshqariladi. Foydalanuvchi FRAME ning o'zgarish diapazonini (odatda 0 dan N gacha) va animatsiya tezligini belgilaydi; Mathcad esa har bir kadr uchun FRAME ning tegishli qiymatida barcha ifodalarni qayta hisoblaydi va natijalarni grafik tarzda ko'rsatadi.

Animatsiyaning umumiy sxemasi quyidagidan iborat (Litvin va Litvin, 2010):

1. FRAME o'zgaruvchisiga bog'liq bo'lgan matematik ifodalarni yozish.
2. Grafiklar yoki boshqa tasvirlar yaratish.
3. Animate (Animate...) buyrug'i orqali animatsiya diapazonini va tezligini o'rnatish.
4. Animatsiyani AVI formatida saqlash yoki to'g'ridan-to'g'ri muhitda ko'rish.

FRAME ning qiymati odatda vaqt  $t$  bilan quyidagi formula orqali bog'lanadi:



$$t = \text{FRAME} \cdot \Delta t$$

bu yerda  $\Delta t$  — bir kadrğa to'g'ri keladigan vaqt oralig'i. Masalan, agar animatsiyada 100 kadr bo'lsa va jami vaqt  $T = 10$  sekund bo'lsa, u holda  $\Delta t = 0.1$  s.

### Mathcad da grafik animatsiya yaratish algoritmi

Mathcad da grafik animatsiyaning yaratilishi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

**1-bosqich: Parametrlarni aniqlash.** Animatsiyaning asosiy parametrlari belgilanadi: kadrlar soni, vaqt diapazoni, ob'ektning boshlang'ich va oxirgi holati.

**2-bosqich: FRAME ga bog'liq funksiyalarni kiritish.** Masalan, oddiy garmonik tebranuvchi jism uchun koordinata:

$$x(\text{FRAME}) := A \cdot \cos(\omega \cdot \text{FRAME} \cdot \Delta t)$$

bu yerda  $A$  — amplituda,  $\omega$  — siklik chastota.

**3-bosqich: Grafik yaratish.** Mathcad ning grafik muhitida  $x$  va  $y$  koordinatalari FRAME ga bog'liq holda ko'rsatiladi. Grafik uslubi, o'q chegaralari va boshqa vizual elementlar o'rnatiladi.

**4-bosqich: Animatsiyani ishga tushirish.** Tools → Animation → Record menyusi orqali animatsiya yozib olinadi. Foydalanuvchi FRAME ning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari hamda kadr tezligini belgilaydi.

**5-bosqich: Saqlash va tarqatish.** Animatsiya AVI formatida saqlanadi va keyin Windows Media Player yoki boshqa pleerlar yordamida namoyish etilishi mumkin (Kiselyov, 2008).

### Uch o'lchamli animatsiya imkoniyatlari

Zamonaviy Mathcad versiyalari uch o'lchamli (3D) grafiklarning animatsiyasini ham qo'llab-quvvatlaydi. 3D animatsiyada FRAME o'zgaruvchisi nafaqat vaqt, balki ko'rinish burchagi yoki boshqa geometrik parametrlarni ham boshqarishi mumkin. Masalan, kosmik jism trayektoriyasini uch o'lchamli fazoda animatsiya orqali ko'rsatish uchun:

$$x(t) = r \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \cos(\omega_2 \cdot t) \quad y(t) = r \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot \sin(\omega_2 \cdot t) \quad z(t) = r \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)$$



kabi murakkab parametrik tenglamalar Mathcad muhitida bevosita amalga oshirilishi mumkin (Dukkipati, 2010).

3D animatsiyalar, ayniqsa muhandislik va fizikada murakkab geometrik ob'ektlarning dinamikasini tushuntirishda o'ta foydali ekanligi isbotlangan. Masalan, molecular dinamika simulatsiyalarida atomlarning harakatini uch o'lchamli animatsiya sifatida ko'rsatish — bu katta hisoblash tizimlarida ham keng qo'llaniladigan usul.

## **ILMIY VIZUALIZATSIYADA ANIMATSIYANING O'RNI**

Ilmiy vizualizatsiya (Scientific Visualization) — bu ilmiy ma'lumotlarni, ayniqsa raqamli hisoblash natijalarini ko'rgazmali grafik shakllarda ifodalash fani va san'atidir. Bu soha 1987 yilda NSF (National Science Foundation) tomonidan chop etilgan mashhur "Visualization in Scientific Computing" hisobotidan keyin rasman tan olingan mustaqil ilmiy yo'nalish sifatida e'tirof etildi (McCormick, DeFanti, Brown, 1987).

Animatsiya ilmiy vizualizatsiyaning eng kuchli vositalaridan biri hisoblanadi, chunki u vaqtga bog'liq jarayonlarni — ya'ni to'rt o'lchamli ( $x, y, z, t$ ) ma'lumotlarni — tushunish imkonini beradi. Statik grafik faqat bitta vaqt momentidagi holatni aks ettira oladi, animatsiya esa jarayonning butun rivojlanishini ko'rsatadi.

### **Animatsiyaning kognitiv ta'siri**

Psixologiya va ta'lim fanlari sohasidagi tadqiqotlar animatsiyaning insonning tushunish va eslab qolish qobiliyatiga ijobiy ta'sir ko'rsatishini isbotlagan. Mayer va Moreno (2003) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, animatsiya va matnni birlashtirgan ko'p kanalli ta'lim usuli faqat matn yoki faqat statik rasmlardan foydalanishga nisbatan 50% gacha ko'proq samarali natija beradi.

Biroq animatsiya barcha hollarda foydali bo'lavermaydi. Sweller (1994) ning kognitiv yuklanish nazariyasiga ko'ra, juda tez yoki ortiqcha murakkab animatsiyalar bilish yukini oshirib, tushunishga xalaqit berishi mumkin. Shu sababli ilmiy animatsiya quyidagi tamoyillarga rioya etgan holda loyihalanishi kerak:



**Soddachilik tamoyili** — animatsiyada faqat zarur elementlar ko'rsatilishi va keraksiz grafik bezaklar chiqarib tashlanishi lozim.

**Ketma-ketlik tamoyili** — murakkab jarayonlar bir vaqtda emas, bosqichma-bosqich ko'rsatilishi kerak.

**Interaktivlik tamoyili** — foydalanuvchiga animatsiyaning tezligi va ketma-ketligini boshqarish imkoni berilishi lozim (Lowe, 2004).

## **Turli fan sohalarida qo'llanilishi**

Mathcad animatsiyasi quyidagi ilmiy sohalarda amaliy tatbiqini topgan:

**Mexanika va dinamika.** Mexanik sistemalarning tebranishi, qattiq jismlarning harakati, to'qnashuvlar va rezonans hodisalari. Lagrange tenglamalari asosidagi ko'p jisimli sistemalar dinamikasini animatsiya orqali ko'rsatish ayniqsa samarali hisoblanadi.

**Gidrodinamika.** Suyuqliklar oqimining turli rejimlarini — laminar va turbulent oqimlarni — vizual tarzda ko'rsatish. Navier-Stokes tenglamalarining raqamli yechimlari animatsiya ko'rinishida ifodalanganda mutaxassislar uchun ma'lumotlar tushunarliroq bo'ladi (Batchelor, 2000).

**Elektrodinamika.** Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi, elektr va magnit maydonlarning o'zaro ta'siri, induktiv hodisalar — bularning barchasi Mathcad animatsiyasi orqali ko'rgazmali tarzda namoyish etilishi mumkin.

**Kimyoviy kinetika.** Reaksiya tezligining vaqt bilan o'zgarishi, konsentratsiyalar dinamikasi va kimyoviy muvozanat holatiga erishish jarayoni animatsiya yordamida yorqin tasvirlanadi.

**Biologiya va tibbiyot.** Hujayralar bo'linishi, epidemiologik modellar (SIR modeli va boshqalar), yurak urushi dinamikasi — tibbiy animatsiyalar diagnostika va ta'limda keng qo'llanilmoqda.

## **Animatsiyaning ilmiy tadqiqotlarda qo'llanilishi**

Ilmiy maqolalar va prezentatsiyalarda animatsiyadan foydalanish so'nggi o'n yilliklarda sezilarli darajada kengaydi. IEEE va Nature kabi nufuzli ilmiy nashrlar elektron shaklda animatsion materiallarni ilmiy maqolalarga ilova qilish imkonini



beradi. Bu holat animatsiyaning nafaqat ta'lim, balki fundamental ilmiy muloqotning tili bo'lib qolganidan dalolat beradi.

Mathcad kabi ixtisoslashgan hisoblash muhitlari bu jarayonni demokratlashtirdi — ya'ni professional dasturchilik bilimlari bo'lmagan ham oddiy tadqiqotchi o'z hisob-kitob natijalarini animatsiya shaklida ifodalash imkoniga ega bo'ldi. Bu hol, ayniqsa matematika va fizika o'qituvchilari uchun katta ahamiyat kasb etadi (Borba va Villarreal, 2006).

## **MATHCAD ANIMATSIYASINING CHEKLOVLARI VA MUQOBIL YECHIMLAR**

Mathcad animatsiyasi, garchi kuchli vosita bo'lsa-da, bir qator cheklovlarga ega. Birinchi va eng muhim cheklov — hisoblash resurslari bilan bog'liq. Har bir kadrda Mathcad barcha bog'liq ifodalarni qayta hisoblaydi. Agar animatsiya murakkab differensial tenglamalar yechimi yoki katta massivlar bilan ishlashni talab etsa, har bir kadrning hisoblanishi sezilarli vaqt olishi mumkin.

Bu muammoni hal qilish uchun quyidagi yondashuvlar tavsiya etiladi:

Birinchi, hisob-kitoblar animatsiyadan oldin bir marta bajariladi va natijalar massivda saqlanadi. Animatsiya esa faqat tayyor ma'lumotlarni vizualizatsiya qiladi. Bu yondashuv hisoblash yukini animatsiya jarayonidan ajratadi.

Ikkinchi, FRAME qiymatlari soni kamaytiriladi va zarur bo'lsa interpolatsiya usullaridan foydalaniladi.

Uchinchi, grafik tasvirning murakkabligini kamaytirish — masalan, nuqtalar o'rniga chiziqlardan foydalanish — tezlikni sezilarli oshirishi mumkin (Dyakonov, 2009).

### **Format va moslik muammolari**

Mathcad animatsiyasi AVI formatida saqlanadi. Bu format universal bo'lsa-da, zamonaviy veb-platformalar va mobil qurilmalar bilan to'liq moslashuvchan emas. MP4 formatida saqlash uchun qo'shimcha konvertatsiya dasturlari (masalan, FFmpeg) talab etiladi.



Bundan tashqari, PTC Mathcad Prime versiyalari va eski Mathcad 15 o'rtasidagi format farqlari animatsiyani boshqa kompyuterlarda ko'rsatishda qiyinchilik tug'dirishi mumkin. Bu muammo ko'pincha animatsiyalarni mustaqil fayl sifatida eksport qilish yo'li bilan hal etiladi.

## **Muqobil dasturiy vositalar bilan taqqoslash**

Mathcad animatsiyasini boshqa ilmiy animatsiya vositalari bilan qiyosiy tahlil qilish uning kuchli va zaif tomonlarini aniqroq belgilashga yordam beradi:

**MATLAB** — Mathcad ga nisbatan ancha kuchli animatsiya imkoniyatlariga ega. `getframe` va `movie` funksiyalari yordamida yuqori sifatli animatsiyalar yaratiladi. Biroq MATLAB ning qimmatbaho narxi va nisbatan qiyin sintaksisi uni keng auditoriya uchun kam qulay qiladi (Quarteroni va Saleri, 2006).

**Python (Matplotlib)** — ochiq manba bo'lib, `FuncAnimation` klassi yordamida professional darajadagi animatsiyalar yaratilishi mumkin. Bepul va kross-platformali bo'lgani bois bu vosita tobora ommalashib bormoqda. Biroq dasturlash bilimlari talab etiladi.

Mathcad ning asosiy ustunligi — matematik hisob-kitob va vizualizatsiyani bir muhitda birlashtirishi, ya'ni formulalar yozish va ularni animatsiya ko'rinishida ko'rish orasida hech qanday kodlash bosqichi talab etilmasligidir (Maxfield, 2012).

## **XULOSA**

Ushbu maqolada Mathcad muhitida animatsiya yaratishning nazariy asoslari va uning ilmiy vizualizatsiyadagi roli keng qamrovli tarzda tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida quyidagi xulosalar chiqarildi:

Mathcad da animatsiya FRAME o'zgaruvchisiga asoslangan mexanizm orqali amalga oshiriladi. Bu mexanizm parametrik tenglamalar, differensial tenglamalar yechimlari va boshqa matematik modellar asosida dinamik tasvirlar yaratish uchun samarali platforma hisoblanadi. Animatsiyaning matematik asosi — vaqt parametriga bog'liq funksiyalar oilasining diskret holda vizualizatsiya qilinishi ekanligi aniqlandi. Ilmiy vizualizatsiyada animatsiya statik grafiklarga nisbatan katta afzalliklarga ega: u vaqtga bog'liq jarayonlarni ko'rsatadi, talabalar va tadqiqotchilarning tushunishini osonlashtiradi hamda ma'lumotlarni ko'p o'lchamli



taqdim etish imkonini beradi. Kognitiv psixologiya nuqtai nazaridan, to'g'ri loyihalangan animatsiyalar o'qitish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Batchelor, G.K. (2000). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge University Press. 615 b.
2. Borba, M.C., Villarreal, M.E. (2006). *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*. Springer. 231 b.
3. Dukkipati, R.V. (2010). *MATLAB: An Introduction with Applications*. New Age International Publishers. 419 b.
4. Dyakonov, V.P. (2009). *Mathcad 14 v matematike: spravochnik*. DMK Press, Moskva. 592 b. (rus.)
5. Foley, J.D., van Dam, A., Feiner, S.K., Hughes, J.F. (1990). *Computer Graphics: Principles and Practice*. Addison-Wesley. 1174 b.
6. Halas, J., Manvell, R. (1968). *The Technique of Film Animation*. Focal Press, London. 360 b.
7. Jonassen, D.H. (2011). *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*. Routledge. 270 b.
8. Kiselyov, G.M. (2008). *Rabota v Mathcad: uchebnoye posobiye*. Dashkov i Ko, Moskva. 208 b. (rus.)
9. Kreyszig, E. (2011). *Advanced Engineering Mathematics*, 10th ed. John Wiley & Sons. 1283 b.
10. Litvin, A.V., Litvin, S.V. (2010). *Mathcad v inzhenernoj praktike*. Solon-Press, Moskva. 334 b. (rus.)
11. Lowe, R.K. (2004). Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*, 14(3), 257–274.