



АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
INFORMATION TECHNOLOGY

DOI 10.51885/1561-4212\_2022\_4\_119  
MPHTI 28.23.27

**И.Б. Карымсакова<sup>1</sup>, Д.Б. Бекенова<sup>2</sup>, Д.О. Кожаметова<sup>1</sup>, Н.К. Курмангалиева<sup>3</sup>,  
Е.А. Оспанов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Шәкәрім атындағы университет, Семей қ., Қазақстан  
E-mail: [indviki@mail.ru](mailto:indviki@mail.ru)\*

<sup>2</sup>Тұран Астана университеті, Астана қ., Қазақстан  
E-mail: [daryba@mail.ru](mailto:daryba@mail.ru)  
E-mail: [dinara\\_kozhahmetova@mail.ru](mailto:dinara_kozhahmetova@mail.ru)

<sup>3</sup>Әлихан Бөкейхан университеті, Семей қ., Қазақстан  
E-mail: [nurgulkk62@mail.ru](mailto:nurgulkk62@mail.ru)  
E-mail: [78oea@mail.ru](mailto:78oea@mail.ru)

**РОБОТТАЛҒАН КЕШЕН КӨМЕГІМЕН МИКРОПЛАЗМАЛЫҚ ШАҢДАТУ ҮШІН  
КҮРДЕЛІ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ-ТОПОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМДЫ ИМПЛАНТТАРДЫ  
КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ ҮШІН ПАРАМЕТРЛІК ӘДІСТІ ҚОЛДАНУ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ  
ИМПЛАНТОВ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРО-ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ  
ПОСЛЕДУЮЩЕГО МИКРОПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ  
РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА**

**THE USE OF PARAMETRIC METHOD OF CLASSIFICATION OF IMPLANTS OF COMPLEX  
GEOMETRIC AND TOPOLOGICAL STRUCTURE FOR SUBSEQUENT APPLICATION OF  
MICROPLASMA USING A ROBOTIC COMPLEX**

**Аңдатпа.** Мақалада роботты кешенді қолдана отырып, микроплазмалық бүрку үшін күрделі геометриялық-топологиялық құрылымды импланттарды жіктеу мақсаты қойылған. Мақалада ұсынылған зерттеу нәтижелері импланттарды шекті параметрлерге сәйкес әрі қарай таңдау әдістерін практикалық қолдануға бағытталған. Параметрлік жіктеу әдісін қолдана отырып, ұсынылған тәсіл компоненттердің 11 параметрі бойынша импланттарды таңдауға мүмкіндік береді. Импланттардың 16 түрі қарастырылды. Импланттарды жіктеу алгоритмі көрсетілді. Deductor studio аналитикалық платформасында импланттар ең маңызды параметрлер бойынша жіктелді: ұзындығы мен ені бойынша. Роботталған кешендердің көмегімен кейінгі плазмалық тозаңдандыру үшін импланттардың алғашқы екі класынан 3 имплант таңдалды, олар роботпен тозаңдандыру кезінде рұқсат етілген шекті параметрлерді қанағаттандырады. 1-класстан: жамбас буынының импланты, жіліншік импланты, иық буыны және 2-класстан: омыртқалы имплант, мойын бөлігінің импланты, саусақ буындарының импланты.

**Түйін сөздер:** имплантация, роботты кешен, микроплазмалық бүрку, жіктеу, параметрлік жіктеу әдісі.

**Аннотация.** В статье поставлена цель классифицировать импланты сложной геометро-топологической структуры для последующего микроплазменного напыления при помощи роботизированного комплекса. Результаты исследований, предлагаемые в статье, ориентированы на практическое использование методов для дальнейшего отбора имплантов по соответствию предельным параметрам. Предлагаемый подход с использованием параметрического метода

классификации позволяет отобрать импланты по 11 параметрам составляющих. Были рассмотрены 16 видов имплантов. Был показан алгоритм классификации имплантов. В аналитической платформе Deductor studio импланты были классифицированы по наиболее значимым параметрам: длина и ширина. Для последующего плазменного напыления при помощи роботизированных комплексов было отобрано по 3 импланта с первых двух классов имплантов, которые удовлетворяют предельным параметрам, допустимым при напылении роботом. С 1 класса: имплант тазобедренного сустава, имплант голени, плечевого сустава и 2 класса: имплант позвоночный, имплант шейного отдела, имплант суставов пальцев.

**Ключевые слова:** имплант, роботизированный комплекс, микроплазменное напыление, классификация, параметрический метод классификации.

**Abstract.** The aim of the article is to classify implants of complex geometric and topological structure for subsequent microplasma sputtering using a robotic complex. The research results proposed in the article are focused on the practical use of methods for further selection of implants according to compliance with the limit parameters. The proposed approach using the parametric classification method makes it possible to select implants according to 11 component parameters. 16 types of implants were considered. An algorithm for classifying implants was shown. In the Deductor studio analytical platform, implants were classified according to the most significant parameters: length and width. For subsequent plasma spraying with the help of robotic complexes, 3 implants were selected from the first two classes of implants that meet the limit parameters allowed for spraying by a robot. From Grade 1: hip joint implant, shin implant, shoulder joint and Grade 2: spinal implant, cervical implant, finger joint implant

**Keywords:** implant, robotic complex, microplasma sputtering, classification, parametric classification method.

*Kipicne.* Импланттарды шаңдату процестерінде қазіргі заманғы өндірістік шешімдерді қолдану қазіргі күндегі өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Ол бүгінгі күнге шешу қиын болып табылатын есептердің бірі. Өйткені бүгінгі таңда толығымен адамның аяқ қолдарының функцияларын толық атқаратын манипулятор құру қиын болып тұр.

Импланттарды өндіру және шығару күрделі процесс болып табылады. Ол келесі шарттардың орындалуын талап етеді: бүрку адамның ағзасымен биотолеранттылық шартын қанағаттандыру керек, аллергиялық реакция болдырмау қасиетіне ие болу керек. Импланттарға бүркүді шаңдатуды дәл болу үшін роботтарды қолдану оңтайлы шешім болып табылады.

Бұл мәселені шешудің өзектілігі Қазақстан Республикасының «Халық денсаулығы және денсаулық сақтау жүйесі туралы» (2020 жылдың 7 шілдесінен № 360-VI ҚРЗ) Кодексімен анықталған, ол медициналық бұйымдар өндірісінің стандартын анықтайды, соның ішінде импланттар және эндопротездер. Кодекстің Дәрілік өнімдер және медициналық бұйымдарды шығару атты 235 бабында медициналық өнімдерді шығарудың негізгі мәселелері, негізгі талаптары көрсетілген.

Бұл мақаланың негізгі идеясы – роботты кешенді қолдана отырып микроплазмалық бүрку үшін күрделі геометриялық-топологиялық құрылымды импланттарды жіктеу.

Зерттеу мақсаты – роботты кешенді қолдана отырып микроплазмалық бүрку үшін күрделі геометриялық-топологиялық құрылымды импланттарды жіктеу үшін параметрлік классификациялау әдісін қолдану.

Зерттеу объектісі – импланттар және эндопротездер.

Зерттеу пәні – күрделі геометриялық-топологиялық құрылымды импланттарды жіктеудің ақпараттық және математикалық қамтамасы.

Зерттеу міндеттері – импланттарды классификациялау және кластеризациялау.

Зерттеу әдістері – математикалық модельдеу әдістері, имитациялық модельдеу.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы – күрделі геометриялық-топологиялық құрылымды импланттарды жіктеудің моделі.

Импланттар адамдардың жаракаттанған ағзасын алмастыруға арналған медициналық

мақсаттағы бұйымдар болып табылады, олар чиптер түрінде болуы да мүмкін.

Импланттау типтері:

- Тістерді протездеу;
- Кохлеарлы импланттау;
- Ми импланттау;
- Жүрек клапандарын импланттау;
- Идентификациялық имплантация;
- Көз қабыршығын импланттау;
- Адамның аяқ-қолдарын импланттау [1].

Роботталған кешен арқылы өндірістік процестегі қозғалыстың әртүрлі функцияларын орындауға болады, құрылғыларды қозғалту және көптеген операцияларды орындауға болады.

Беттерді әртүрлі материалдармен шаңдату:

- Ұнтақтар (металлдық, керамикалық және металлокерамикалық, арнайы композитты материалдармен);
- Сымдар (жезден, болаттан, төмен легирленген, мыс, алюминий және т.б.).

Импланттарды микроплазмалық шаңдату үшін шектік шарттардың орындалуы қажет. Сол шарттарға сәйкес болу үшін импланттарды тандап алу қажет. Сол мақсатта импланттарды кластеризациялау және классификациялау жүргізіледі.

Классификациялау оңтайландыру есептеріне жатады. Бұл есептерде элементтерді қандайда бір қасиеттер бойынша әртүрлі кластарға жатқызу жүргізіледі. Мұндай есептер формальданады, содан кейін сапа көрсеткішін экстремумға айналдыру керек. Мәліметтерді нәтижелі бөлудің көптеген іздеу механизмдер жиыны бар.

Элементтер, мәліметтер типіне байланысты классификациялаудың әдісі таңдалады. Классификациялаудың оңтайландыру әдістері кластерлік талдауға негізделуі мүмкін [2].

*Негізгі бөлім.* Шекті параметрлерге сәйкес микроплазмалық шаңдату үшін импланттардың бар классификациялары талданды.

Иманбаева М.Б., Зуби Ю.Х., Избасканова А.С. жұмысында импланттар құрылымды элементтердің үйкелесу парасы бойынша классификацияланған [3].

Джаксыбаев М.Н., Жумагулов М.О. жұмысында импланттар құрылымдық бөліктердің конструкциясы бойынша классификацияланған [4].

Вильямс Д., Роуф Р. жұмысында импланттар құрамы және құрылымы бойынша, қызмет ету ұзақтығы бойынша, ағзаға салыну тереңдігі бойынша классификацияланған [5].

Кирпичев И.В., Алиев А.Г., Коваленко А.Н., Амбросенков А.В. жұмысында импланттар компоненттер саны бойынша классификацияланған [6].

Миронов Р.А., Османов А.М., Устазов К.А., Асламханов С.Р. импланттар құрылым принципі бойынша классификацияланған [7].

Чирков Н.Н., Николаев Н.С., Горбатов Р.О., Клеменова И.А., Новиков А.В., Зиновьев С.В., Казаков А.А. жұмыстарында импланттар классифицированы бекіту әдісі бойынша, құрылымы бойынша классификацияланған [8].

Нехлопочин С. Н., Нехлопочин А. С., Швец А. И. жұмыстарында импланттар құрылым бойынша классификацияланған [9].

Адамова А.А., Шведова А.Г., Чудовский И.В. жұмыстарында импланттар әртүрлі характеристикалар бойынша классификацияланған: қолдану саласы бойынша, ағзаға орналастыру әдісі бойынша [10].

Импланттардың бар классификацияларын талдау нәтижесінде келесі жіктеу анықталды:

(1-кесте):

- құрылым;
- компоненттер саны;
- пайдалану саласы;
- ағзаға орналастыру әдісі;
- құрамдас бөліктерінің үйкелісу жұптары;
- құрамы;
- қолдану ұзақтығы;
- ағзаға орналастыру деңгейі.

**1-кесте. Импланттардың классификациялары**

№	Классификация түрі	Көрсеткіш
1	Құрылым	цилиндрлік
		конустық
		пластиналық
2	Компоненттер саны	1 компонент
		2 компонент
		3 компонент
3	Пайдалану саласы	Тіс импланттары
		Аяқ-қол импланттары
		Басқа импланттар
		чиптер
4	Ағзаға орналастыру әдісі	цементтік
		гибридті
		цементсіз
5	Материал типі	титан
		полиэтилен
		керамика
		оксиниум
6	Құрам	жіктелетін
		жіктелмейтін
7	Қолдану ұзақтығы	0-5 жыл
		5-10 жыл
		10 жылдан астам
8	Ағзаға орналастыру деңгейі	беттік
		терең

Импланттардың топологиялық құрылымын талдау импланттар күрделі беттер екенін көрсетеді, сондықтан оларды жасау үшін өте ұсақ детальдармен жұмыс жасауға мүмкіндік беретін кешенді қолдану керек. Сол мақсатта роботталаған кешендерді қолдануға болады.

Импланттар әрбір адамға жеке таңдалады, сондықтан импланттардың физикалық өлшемдерін параметерлік функция ретінде алуға болады, ол сол параметрлерді керек өлшемдерге сәйкестендіріп шығаруға мүмкіндік берелі.

Зерттеулер нәтижесінде импланттардың әртүрлі критерийлер бойынша негізгі типтеріне талдау жасалды:

- физикалық және геометриялық өлшемдері;
- қолдану типтері;
- өндіруші фирмалар;
- өндіру материалы;

– өндіру технологиясы.

Ғанис роботын қолданғанда қажетті шекті параметрлерді ескере отырып физикалық параметрлердің шектік пәндерін аламыз. Манипуляциялық роботпен импланттарды сапалы бүркеу үшін келесі шарттардың орындалуы қажет. Ол шарттар 2-кестеде келтірілген.

**2-кесте.** Роботпен бүрку үшін қажетті шарттар

№	Параметр	Минималды мән (мм)	Максималды мән (мм)
1	Объектке дейін арақашықтық	145	155
2	Бүрку диаметрі	1	5
3	Шаңдату қалыңдығы	0,05	1

Импланттарды роботталған кешен көмегімен микроплазмалық шаңдату үшін 2 кестеде келтірілген шарттардың орындалуы қажет. Ол үшін сол импланттарды параметрлік классификациялау әдісін қолданған жөн. Ол ботталған кешен көмегімен римпланттарды шарт бойынша таңдап алуға мүмкіндік береді. Ол үшін сол параметрлердің максималды және минималды мәндерін анықтау керек.

Параметрлік классификациялау әдісі көмегімен 16 импланттарды роботталған кешенмен шаңдату үшін сол импланттардың құрамдас бөліктерінің физикалық өлшемдерінің 11 параметрі анықталды:

$k_1$  – имплант ұзындығы;

$k_2$  – имплант диаметрі;

$k_3$  – имплант ені;

$k_4$  – доға ұзындығы;

$k_5$  – қысу ұзындығы;

$k_6$  – қысу диаметрі;

$k_7$  – төртбұрыш ұзындығы;

$k_8$  – биіктігі;

$k_9$  – проксималды өзек ұзындығы;

$k_{10}$  – дистальды өзек ұзындығы;

$k_{11}$  – өзек диаметрі.

Әрбір параметрге максималды және минималды мәндер анықталды. Параметрлердің шекті мәндері 3-кестеде келтірілген.

**3-кесте.** Импланттарды құрамдас бөліктерінің параметрлерінің шекті мәндері

Мәні	Шекті мәндер (мм)										
	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$
Минималды	0,02	0,15	0,02	50	160	6	3,4	3,4	11	6	2,2
Максималды	400	16	50	70	200	6	4,3	4,2	12,2	6,4	2,5

Әрбір параметрдің мәндері 3 интервалға бөлінген, сол бойынша олар әртүрлі класстарға жатқызылды. Классификациялау интервалдары 4-кестеде келтірілген.

**4-кесте.** Импланттарды параметрлік әдіс бойынша классификациялау

Класс	Параметрлердің кластар бойынша мәндері (мм)										
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>	k <sub>11</sub>
1-класс	30-400	15-35	30-50	50-70	160-200	10-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20
2-класс	9-30	5-15	5-30	10-50	10-160	5-10	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15
3-класс	0-9	0-5	0-5	0-10	0-10	0-5	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10

2-кестеде анықталған шекті параметрлерге сәйкестік бойынша 3 класс анықталды:

1-класс: роботталған кешен көмегімен шаңдату кезінде шекті параметрлерды ең оптималды қанағаттандыратын импланттар классы;

2-класс: роботталған кешен көмегімен шаңдату кезінде шекті параметрлерді қанағаттандыратын импланттар класы;

3-класс: роботталған кешен көмегімен шаңдату кезінде шекті параметрлерді қанағаттандырмайтын импланттар класы.

Классификациялау алгоритмін келесі түрде келтіруге болады (1-сурет):



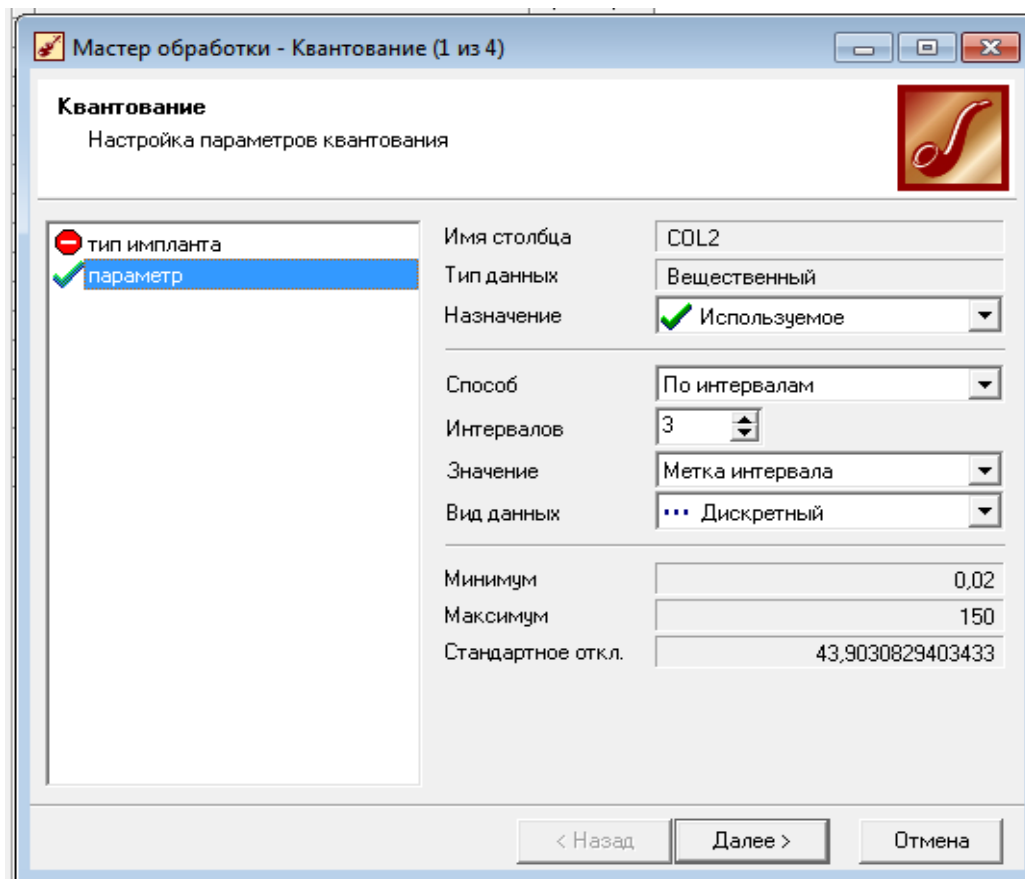
**1-сурет.** Классификациялау алгоритмі

1. Мәліметтерді өңдеуге болатын түрге келтіру (мәліметтерді дайындау)
2. Импланттар типтері бойынша мәліметтер және параметрдің мәндері Parametry\_danne. Txt файлына жүктеледі.
3. Жақандық шамасын таңдау  
Жақындық шамасы ретінде класстар бойынша импланттардың шекті физикалық параметрлерінің арақашықтығын алайық.
4. Классификацияның алгоритмін таңдау.  
Deductor Studio аналитикалық платформасында Квантование атты өңдеу мастері көмегімен параметрлік классификациялау алгоритмін іске асырайық.
5. Алгоритмнің орындалуы.  
Импланттарды классификациялау үшін Deductor Studio аналитикалық платформасында

Квантование атты өңдеу мастері қолданылды.

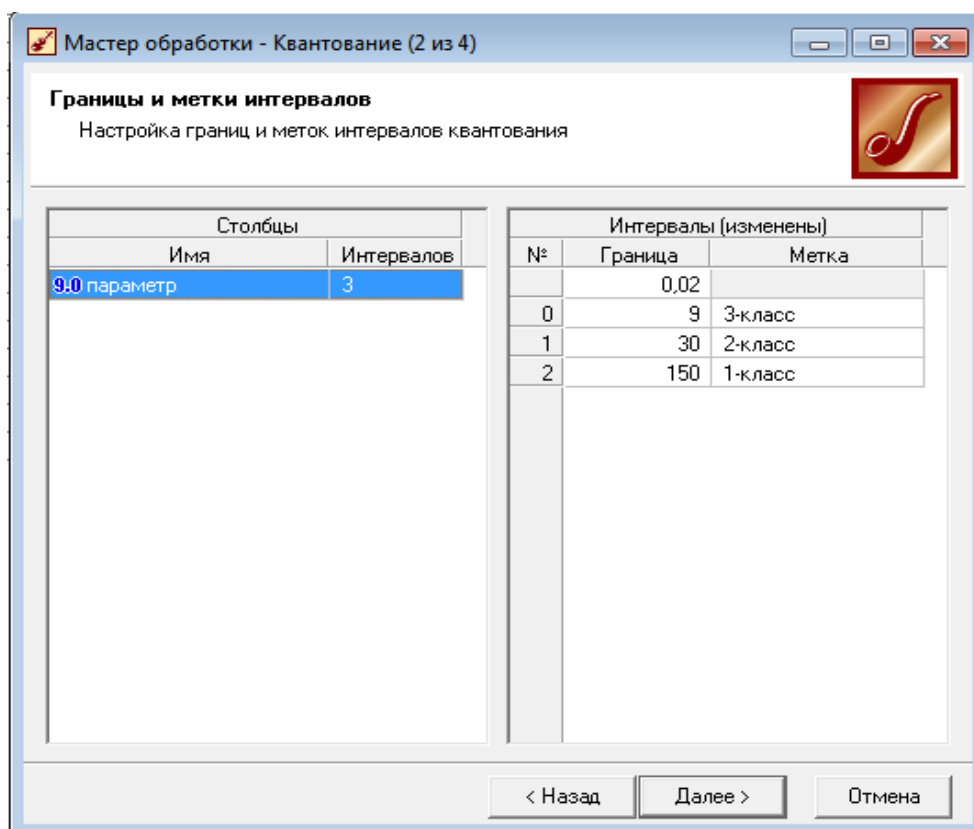
Квантование өңдеу мастері мәліметтерді белгілі интервалдарға жіктеу үшін қолданылады.

Кванттау баптауларында әдісті интервалдар бойынша деп таңдап, интервалдар санын – 3 алып, мәні – интервал белгісі ретінде алайық (2-сурет).



2-сурет. Квантование әдісінің параметрлерін баптау

Белгілеулерді орнату: 1-класс, 2-класс, 3-класс (3-сурет).



3-сурет. Интервалдар шектері және белгілері

Кванттау нәтижесінде импланттар құрамдас бөліктер физикалық параметрлері бойынша 3 класқа жіктелді.

1-класқа келесі импланттар жатқызылды:

- жамбас импланттары;
- тізе импланттары;
- иық импланттары;
- шынтақ импланттары;
- тобық импланттары.

2-класқа келесі импланттар жатқызылды:

- білек импланттары;
- саусақ импланттары;
- бақай импланттары;
- аяқ импланттары.

3-класқа келесі импланттар жатқызылды:

- тіс импланттары;
- кохлеарлы имплант;
- жүрек клапан импланттары;
- көз импланттары;
- мойын импланттары;
- мұрын импланттары (4-сурет).

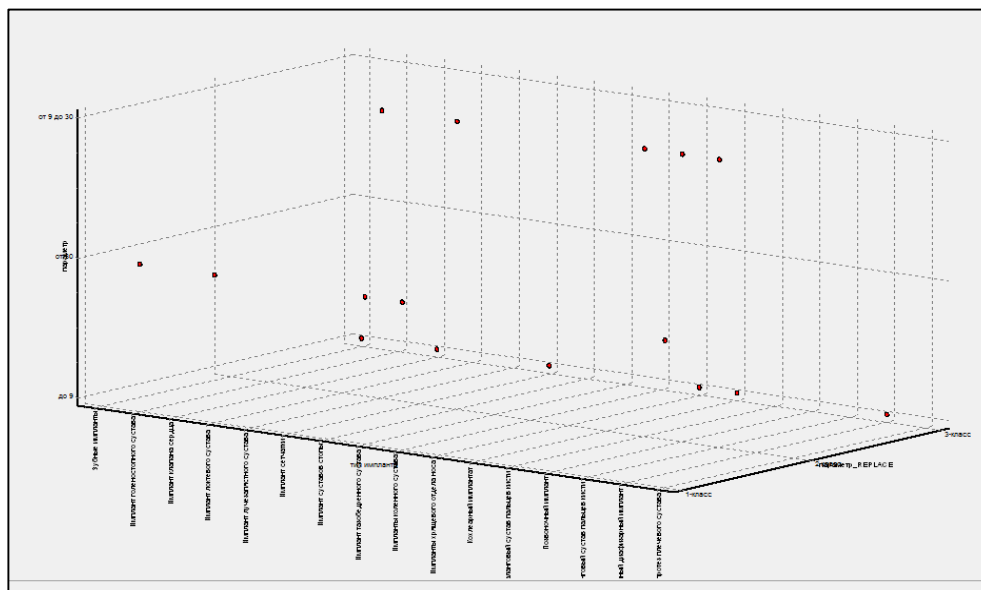


тип импланта	параметр
Имплант тазобедренного сустава	1-класс
Импланты коленного сустава	1-класс
Эндопротез плечевого сустава	1-класс
Имплант локтевого сустава	1-класс
Имплант голеностопного сустава	1-класс
Имплант лучезапястного сустава	2-класс
Межфаланговый сустав пальцев кисти	2-класс
Пястно-фаланговый сустав пальцев кисти	2-класс
Имплант суставов стопы	2-класс
Позвоночный имплант	2-класс
Зубные импланты	3-класс
Кохлеарный имплантат	3-класс
Имплант клапана сердца	3-класс
Имплант сетчатки	3-класс
Шеечный диафизарный имплант	3-класс
Импланты хрящевого отдела носа	3-класс

4-сурет. Импланттарды параметрлер бойынша классификациялау

6. Алынған нәтижелерді көрсету

Импланттардың кластерлер бойынша орналасу диаграммасы 5-суретте келтірілген.

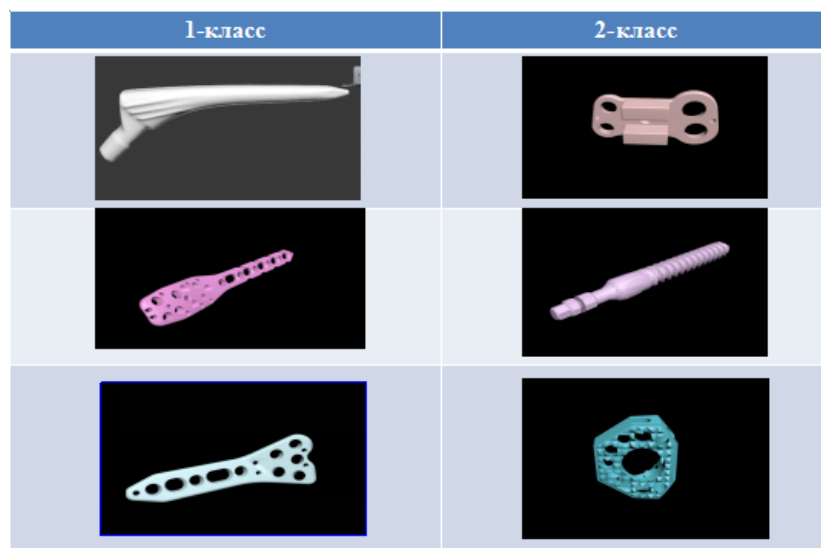


5-сурет. Импланттардың кластер бойынша орналастырылуы

Классификацияның параметрлік әдісі көмегімен келесі кластар алынды (6-сурет), кластар бойынша импланттардың модельдері 7-суретте келтірілген:



6-сурет. Импланттардың классификациясы



7-сурет. Импланттардың модельдері

7. Алынған нәтижелерді талдау.

Роботталған кешен көмегімен импланттарды микроплазмалық шаңдату үшін импланттар 3 класқа классификацияланды. 1 және 2 класқа жатқызылған импланттарды роботталған кешен көмегімен шаңдатуға болады. Алғашқы 2 кластан 3 импланттан таңдалды. 1-кластан жамбас импланты, жіліншік импланты, иық импланты, 2-кластан омыртқа импланты, мойын импланты, саусақ импланттары таңдалды [11-16].

*Қорытынды.* Бұл мақалада импланттардың бар классификациялары талданды. Әрбір әдістеменің артықшылықтары мен кемшіліктері аталды.

Параметрлік классификациялау әдісі көмегімен импланттарды роботталған кешен көмегімен микроплазмалық шандату үшін таңдап алу жүргізілді.

Параметрлік әдісті іске асыру үшін 16 имплант түрі таңдалды, олардың құрамдас бөліктерінің 11 физикалық параметрлері алынды. Нәтижесінде импланттар 3 класқа жіктелді. Микроплазмалық шандату үшін алғашқы екі кластан 3 импланттан таңдалды. 1-класстан жамбас импланты, жіліншік импланты, иық импланты, 2-кластан омыртқа импланты, мойын импланты, саусақ импланттары таңдалды.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Импланты. 15.05.2020. URL: <http://nofxsss.narod.ru/gos/7.html>
2. Классификация. 20.07.2018. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/autoclassification/methods-class.html>
3. Иманбаева М.Б., Зуби Ю.Х., Избасканова А.С. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава с керамика-керамической парой трения в отдаленном периоде наблюдения от 5 до 10 лет. Вестник КазНМУ, № 2-2019
4. Джаксыбаев М.Н., Жумагулов М.О. Оперативное лечение тазобедренных и коленных суставов у пациентов страдающих сахарным диабетом, Вестник КазНМУ, №3-1-2016
5. Вильямс Д., Роуф Р. Импланты в хирургии, Медицина. – М., 2018.
6. Кирпичев И.В. Структура коксартроза в различных возрастных группах у больных, нуждающихся в первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. Журнал Современные проблемы науки и образования. – Москва, № 4-2018
7. Алиев А.Г., Коваленко А.Н., Амбросенков А.В., Миронов А.Р., Османов А.М., Устазов К.А., Асламханов С.Р. Показания и результаты первичного и ревизионного эндопротезирования локтевого сустава. Гений ортопедии, № 4-2019.
8. Чирков Н.Н., Николаев Н.С., Горбатов Р.О., Клеменова И.А., Новиков А.В., Зиновьев С.В., Казаков А.А. Ревизионное эндопротезирование крупных суставов с использованием индивидуальных гибридных эндопротезов. Журнал Современные проблемы науки и образования. – Москва, №4-2019.
9. Нехлопочин С.Н., Нехлопочин А.С., Швец А.И. Классификация имплантов для реконструкции передней и средней опорных колонн позвоночника. Журнал Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – № 3. – Т. 82. – 2018.
10. Адамова А.А., Шведова А.Г., Чудовский И.В. Имплантология в сочетании с инженерными системами. Журнал Технологии инженерных и информационных систем, №2-2020
11. Karymsakova I.B., KrakYu.V., Denissova N.F. Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2017. – Volume 5, Issue 3. – P.44-52.
12. Karymsakova I.B, Denissova N.F, Kumargazhanova S.K, Kraklu. V. Robotic plasma spraying system for implants of complex structure: methods and solutions, International Journal of Computing, 19(2) 2020, 1-2.
13. Карымсакова И.Б., Денисова Н.Ф., Крак Ю.В. Усовершенствование методов построения систем создания имплантов с использованием современных производственных решений // Международная научная конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2017)». 22–26 мая 2017. Материалы международной научной конференции. – Зализный порт. Украина. Херсон: Издательство ПП Вишемирський В.С. – 2017. – С. 69-70.
14. Karymsakova I.B., KrakYu.V., Denissova N.F. Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. – 2017. – Volume 5, Issue 3. – P. 44-52.
15. Karymsakova I.B., Denissova N.F., Krak Y.V. Modeling of implants and process of dusting by the handlingrobot on implants by means of the virtual Roboguide simulator, VestnikVostochno-Kazhastanskogouniversitetaimeni D. Serikbaeva, №3 volume 1 part 2, 2019, C.105-110
16. Karymsakoval B., Smagulov S.K., Bekenova D.B. Use of robotic systems for plasma spraying of implants. Proceedings of international educational forum «The didactic hub: Europe-Asia». – Semey s., 26.04.2018