

# Разработка технологии изготовления наноструктурированных керамических CAD/CAM заготовок для стоматологии

О.О. Янушевич<sup>1</sup>, Н.И. Крихели<sup>1</sup>, П.Ю. Перетягин<sup>1,2</sup>, И.В. Клижов<sup>1</sup>, А.Т. Сампиев<sup>1</sup>, О.В. Крамар<sup>1</sup>, Н.Ю. Перетягин<sup>1,2</sup>, А.А. Шеин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО МГТУ «СТАНКИН», Москва, Россия

## РЕЗЮМЕ

Технические инновации занимают важное место в жизни современного человека, именно с ними связано развитие цифровых технологий в стоматологии. В 80-х годах XX века в практике врача-стоматолога появились CAD/CAM системы, которые позволили сократить мануальную работу врача, а также обладали такими качествами, как точность, эргономичность рабочего процесса, его чистота, универсальность установок и высокая производительность, что сделало CAD/CAM системы крайне популярными среди врачей и пациентов, и ознаменовало новый этап стоматологической помощи. Значительная популярность CAD/CAM-технологий в стоматологии и их востребованность послужила основой для разработки отечественной технологии изготовления наноструктурированных керамических CAD/CAM заготовок для стоматологии. В рамках предыдущего этапа работ было изучено влияние параметров распылительной сушки на характеристики получаемых порошков, а также проведен анализ различных методов спекания порошков, таких как свободное и искровое плазменное спекание (ИПС), с целью достижения идеальных показателей плотности, механической прочности и трещиностойкости. В рамках настоящего этапа работ запланировано изготовить экспериментальные образцы CAD/CAM заготовок из керамических композитов на основе диоксида циркония.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** CAD/CAM, оксид циркония, наноструктурированный порошок, отечественные заготовки, импортозамещение.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Development of a technology for manufacturing nanostructured ceramic CAD/CAM blanks for dentistry

O.O. Yanushevich<sup>1</sup>, N.I. Krikheli<sup>1</sup>, P.Yu. Peretyagin<sup>1,2</sup>, I.V. Klizhov<sup>1</sup>, A.T. Sampiev<sup>1</sup>, O.V. Kramar<sup>1</sup>, N.Yu. Peretyagin<sup>1,2</sup>, A.A. Shein<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian University of Medicine of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia

## SUMMARY

Technical innovation plays a key role in modern life, and it is precisely this innovation that has driven the development of digital technologies in dentistry. In the 1980s, CAD/CAM systems emerged in dental practice. These systems reduced manual workload and offered such qualities as precision, ergonomics, cleanliness, versatility, and high productivity. These systems became extremely popular among doctors and patients, ushering in a new era of dental care. The significant popularity of CAD/CAM technologies in dentistry and their demand served as the basis for the development of a domestic technology for the production of nanostructured ceramic CAD/CAM blanks for dentistry. In the previous phase of the study, the influence of spray drying parameters on the characteristics of the resulting powders was studied, and various powder sintering methods, such as free-flow and spark plasma sintering (SPS), were analyzed to achieve ideal density, mechanical strength, and crack resistance [7]. As part of the current stage of work, it is planned to manufacture experimental samples of CAD/CAM blanks from ceramic composites based on zirconium dioxide.

**KEYWORDS:** CAD/CAM, zirconium oxide, nanostructured powder, domestic blanks, import substitution.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

### Компактирование порошков наноструктурированных порошковых керамических материалов (далее – НПКМ) методом свободного спекания

#### Прессование порошков НПКМ

Полученный на распылительной сушке рабочей группой порошок НПКМ, перед свободным спеканием был предварительно уплотнен в механическом прессе и в прессе холодного изостатического прессования С-60 (AIP, США). Для определения усадки порошка после каждого этапа прессования

во всех экспериментах была использована навеска 9 граммов сухого порошка. Масса порошка насыпалась в матрицу диаметром 25 мм и высотой 20 мм, рисунок 1а. Рисунок 1б показывает, как порошок ровно засыпан для того, чтобы сохранить плоскопараллельность торцов диска.

Верхним пуансоном закрывается зона прессования (рисунок 1в), были применены различные давления: 80, 120, 150, 175, 200, и 240 МПа.

Используя измеренные значения высоты насыпанного порошка до и после прессования, были установлены усад-

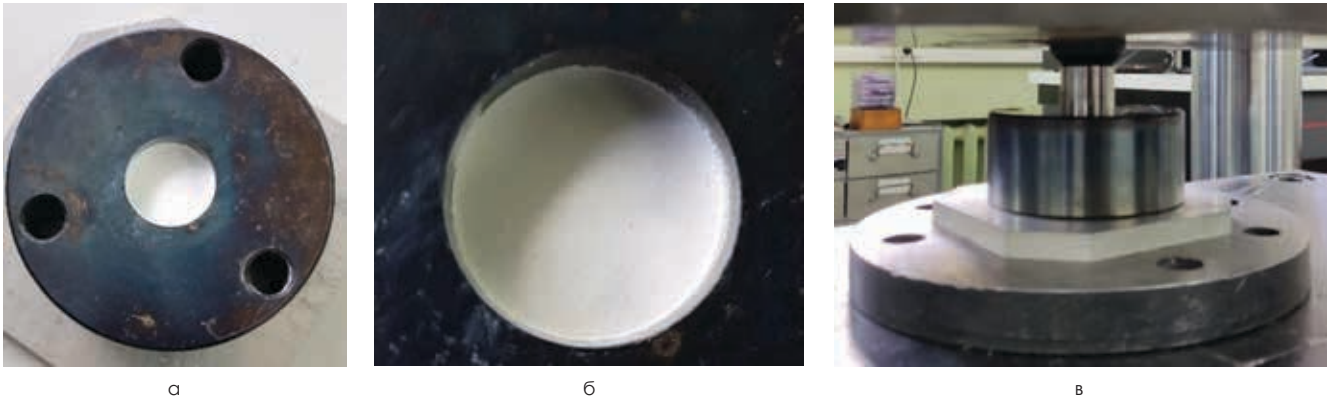


Рисунок 1. Прессование порошка

ки порошков в направлении приложенного усилия. Усадка определяется как соотношение высоты исходного порошка на высоту после прессования, таблица 1.

**Таблица 1**  
**Усадка порошка при одноосном прессовании на разных давлениях**

Усадка	Давление, [МПа]					
	80	120	150	175	200	240
	-	2,090	2,125	2,175	2,205	-

Из таблицы заметно, что при давлениях 80 и 240 МПа не определены усадки при одноосном прессовании. Это связано с тем, что давления 80 МПа недостаточно для сохранения спрессованного диска, и при извлечении его из матрицы материал рассыпался в порошок. При давлении 240 МПа, наоборот, порошковый материал перепрессовывался, т. е. проявились расслойные трещины посередине высоты диска вследствие превышения допустимого давления прессования, и диск ломался, рисунок 2.

Несмотря на то, что давление 200 МПа обеспечивает максимальную одноосную усадку, его не желательно использовать для предварительного прессования, так как края торцевых поверхностей легко откалываются при извлечении из матрицы, рисунок 3б. Этот эффект наблюдается и при давлении 175 и 120 МПа, рисунки в и г. Можно предположить, что давление 200 и 175 МПа превышает допустимое значение давления прессования, а 120 МПа не достигает его.

Было установлено, что давление 150 МПа является более рациональным для получения дисков без дефектов, и позволяет сохранять заготовке свою форму в течение следующих этапов, рисунок 4.



Рисунок 2. Образец, полученный после прессования при давлении 240 Мпа

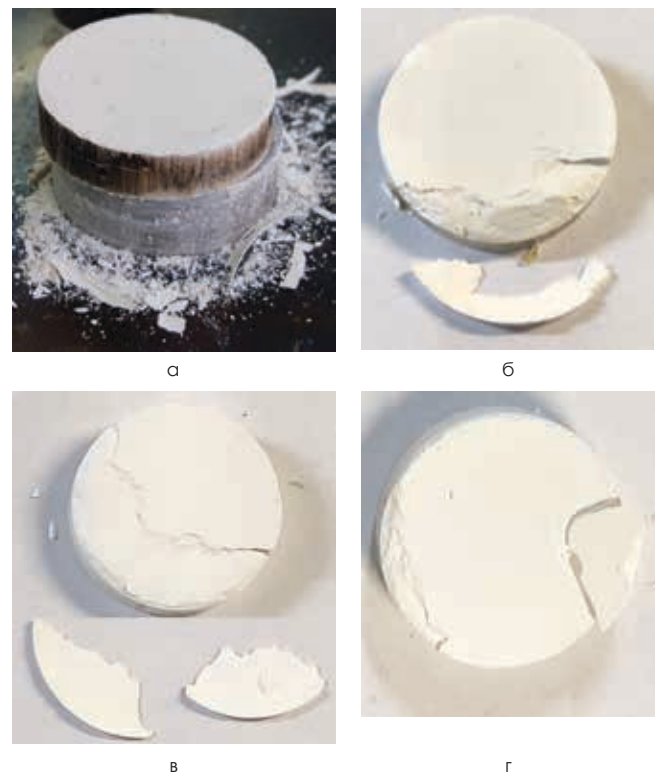


Рисунок 3. Образец после извлечения из матрицы (а) и бракованные образцы после прессования при давлении: 200 МПа (б), 175 МПа (в), 120 МПа (г)



Рисунок 4. Образец после прессования при давлении 150 Мпа

После получения таблеток из прессованного порошка они были упакованы в вакууме для предотвращения воздействия жидкой среды при компактировании в прессе холодного изостатического прессования под давлением 250 МПа в течение 1 минуты. После холодного прессования была установлена усадка образцов, а именно изменение диаметрального размера и высоты образца, таблица 2.

**Таблица 2**  
Усадка образцов после холодного прессования при 250 МПа

Усадка	Давление, [МПа]					
	80	120	150	175	200	240
По диаметру, %	-	4,22	3,92	2,95	1,99	1,38
По высоте, %	-	1,73	1,64	1,20	0,50	-

С целью придания образцам достаточной прочности для манипуляции с ними и их обработки, а также для удаления органических примесей, которые находятся внутри образцов, проводится термическая обработка в воздушной муфельной печи. Все образцы нагреваются до 1100°C со скоростью нагрева 3°C/мин, выдержкой 2 часа при максимальной температуре, и естественным охлаждением в печи до комнатной температуры. После термической обработки в муфельной печи была также установлена усадка образцов, а именно изменение диаметрального размера и высоты образца, таблица 3.

**Таблица 3**  
Усадка образцов после термической обработки в муфельной печи

Усадка	Давление, [МПа]					
	80	120	150	175	200	240
По диаметру, %	-	2,66	2,76	3,15	3,26	3,59
По высоте, %	-	2,64	2,80	2,70	2,16	-

### Свободное спекание прессованных дисков

Свободное спекание производилось в высокотемпературной вакуумной печи Термионик Т1, Россия. Вакуумная печь является разновидностью печей, и ее особенность в том, что термическая обработка проходит в условиях вакуума или безокислительной атмосферы.

В связи с тем, что было установлено, что рациональными величинами давления для одноосного механического и изостатического прессования являются 150 МПа и 250 МПа; соответственно, было принято проводить свободное спекание прессованных дисков при указанном давлении при разных температурах: от 1300 до 1600 °C с шагом 50 °C.

Анализ литературных источников показал, что для получения плотных и прочных керамических изделий на основе стабилизированного 3 мол.% иттрием порошка диоксида циркония (3Y-TZP) применяется скорость нагрева 3°C/мин с выдержкой 2 часа. В наших опытах применялись указанные режимы нагрева.



Рисунок 5. Образцы свободных спеченных дисков

### Исследование влияния режимов свободного спекания на плотность образцов

Измерение плотности спеченных дисков проведено методом гидростатического взвешивания на электронных высокоточных аналитических весах с комплектом для гидростатического взвешивания GR-300 (A&D, Япония).

Спекание образцов проводилось при температурах от 1300 до 1600 °C с шагом 50 °C. Дополнительно были спечены еще 4 образца при 1650 °C (2 шт.) и 1700 °C (2 шт.) для определения максимального значения относительной плотности. Теоретическая плотность была принята 6,0 г/см<sup>3</sup>. Таблица 4 показывает результаты двух измерений относительной плотности и их среднее значение.

**Таблица 4**  
Относительная плотность образцов после свободного спекания

№	Температура спекания, [°C]	Относительная плотность, [%]		
		первое измерение	второе измерение	среднее значение
1	1300	92,899	93,072	92,986
2	1350	95,367	95,239	95,303
3	1400	96,908	97,064	96,986
4	1450	98,081	98,135	98,108
5	1500	98,856	99,098	98,942
6	1550	99,067	99,135	99,101
7	1600	99,125	99,206	99,166
8	1650	99,186	99,216	99,201
9	1700	99,214	99,319	99,267

Рисунок 6 показывает зависимость относительной плотности от температуры. График был построен на основе среднего значения результатов относительной плотности при каждой температуре.

Из графика заметно, что относительная плотность спеченных образцов непрерывно увеличивалась с увеличением температуры спекания. Из рисунка видно, что при температуре спекания 1500 °C достигается плотность ближе к 99%. При температурах выше 1500 °C относительная плотность достигает значения >99,0%. Однако относительные плотности при 1550 °C, 1600, 1650, и 1700 °C находятся почти на одном уровне. Как известно, чем выше температура спекания материалов, тем больше размер зерна и тем меньше механические свойства спеченных образцов. Кроме того, спекание при температурах выше 1550 °C экономически нецелесообразно, так как несущественно повлияет на значения достигаемой плотности. В связи с этим необходимо принять 1550 °C, как температуру, при которой достигается максимальная плотность.

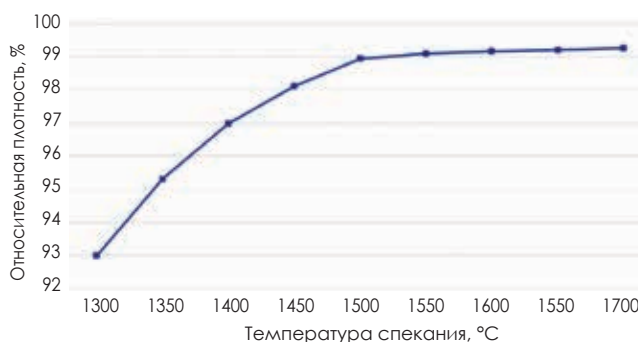


Рисунок 6. Зависимость относительной плотности от температуры после свободного спекания образцов

### Исследование влияния режимов свободного спекания на твердость образцов по Виккерсу

Измерение твердости образцов по Виккерсу проведено на универсальном микротвердомере INSTRON Wilson Hardness Tukon 2500 (Instron, США). Измерению подвергались образцы, спеченные при температурах от 1300 до 1550 °С.

Рисунок 6 показывает зависимость твердости по Виккерсу от температуры после свободного спекания образцов. График был построен на основе среднего значения от 10 измерений на каждом образце.

Из рисунка 7 заметно, что твердость по Виккерсу спеченных образцов непрерывно увеличивалась с увеличением температуры спекания. При этом присутствует резкий скачок в твердости в интервале от 1300 до 1350 °С. Это может быть связано с процессом уплотнения материала, который начинается как раз в этом интервале. Далее можно заметить монотонный рост твердости, который имеет место от 1350 до 1550 °С. Кроме того, видно, что при температуре спекания 1550 °С достигается максимальная твердость (10,37 ГПа). Поведение зависимости твердости от температуры коррелирует с наблюдаемой зависимостью плотности от температуры, где максимальная твердость достигается при относительной плотности около 99,1%.

### Исследование влияния режимов свободного спекания на предел прочности при изгибе образцов

Измерение предела прочности при изгибе образцов было проведено по схеме биаксиального нагружения на универсальной двухколонной напольной установке для испытаний на растяжение 5989 (макс. 600 кН) (Instron, США). Измерению подвергались образцы, спеченные при температурах от 1300 до 1550 °С. Рисунок 8 показывает зависимость предела прочности от температуры после свободного спекания образцов. График был построен на основе среднего значения от 6 измерений на каждом образце.

Из графика заметно, что предел прочности спеченных образцов непрерывно увеличивался с увеличением температуры спекания. При этом присутствует резкий скачок твердости в интервале от 1300 до 1350 °С. Это может быть связано с процессом уплотнения материала, который начинается как раз в этом интервале. Далее, как и в случае твердости, можно заметить монотонный рост предела прочности в интервале от 916 МПа до 1030 МПа при 1350 до 1500 °С соответственно. Из рисунка 6 заметно, что при температуре спекания 1550 °С предел прочности имеет незначительное снижение до 1019 МПа. Это поведение может быть связано с началом неконтролируемого роста зерна, которое имеет место при высоких температурах.

### Исследование влияния режимов свободного спекания на трещиностойкость образцов

Измерение трещиностойкости образцов было проведено по методу индентирования на твердомере по Роквеллу INSTRON Wilson Hardness 574 (Instron, США). Измерению подвергались образцы, спеченные при температурах от 1300 до 1550 °С.



Рисунок 7. Зависимость твердости по Виккерсу от температуры после свободного спекания образцов

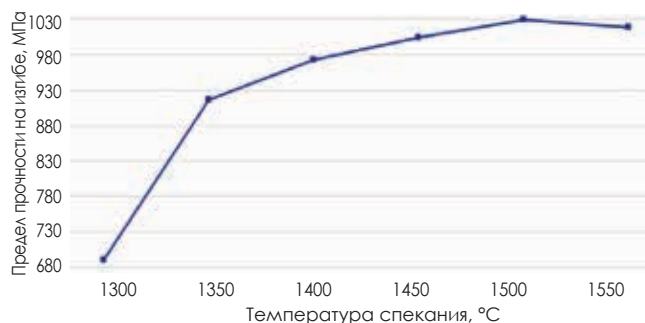


Рисунок 8. Зависимость предела прочности от температуры после свободного спекания образцов



Рисунок 9. Зависимость трещиностойкости от температуры после свободного спекания образцов

Рисунок 9 показывает зависимость трещиностойкости от температуры после свободного спекания образцов. График был построен на основе среднего значения от 6 измерений на каждом образце.

Из графика заметно, что трещиностойкость спеченных образцов непрерывно увеличивалась с увеличением температуры спекания. При этом присутствует резкий скачок трещиностойкости в интервале от 1300 до 1350 °С. Это может быть связано с процессом уплотнения материала, который начинается как раз в этом интервале. Далее можно заметить монотонный рост трещиностойкости в интервале от 1350 до 1500 °С. Из рисунка 7 видно, что при температурах спекания от 1450 до 1500 °С трещиностойкость спеченных образцов составляет около 6,6 МПа·м<sup>0,5</sup>. Помимо высокой плотности образцов при высоких температурах прирост трещиностойкости объясняется трансформационным упрочнением, которое заключается в следующем: при распространении трещины в объеме материала она неизбежно блокируется из-за локального увеличения объема материала (трансформационная подушка), связанного с частичной фазовой трансформацией и созданием участков концентрации сжимающих напряжений.

## Выводы

Было установлено, что давление 150 МПа при одноосном прессовании является наиболее рациональным для получения прессованных дисков без дефектов. Кроме того, полученные при таком давлении образцы сохраняют свою форму в течение следующих этапов без повреждения. Последующее изостатическое прессование компактированных образцов при 250 МПа в течение 1 минуты обеспечивает усадку по диаметру и высоте образца в 3,92 и 1,64% соответственно. Вдобавок, с целью удаления остатков органических материалов в объеме образцов, а также с целью придания образцам достаточной прочности для дальнейших манипуляций с ними и их обработки необходимо осуществлять термическую обработку до 1100 °С со скоростью нагрева 3 °С/мин, выдержкой 2 часа и естественным охлаждением в печи до комнатной температуры. После указанной термической обработки была установлена усадка образцов, а именно по диаметру и высоте образца в 2,76 и 2,80% соответственно. Таким образом, общая усадка после холодного изостатического прессования и термической обработки составляет 6,68 и 4,44% по диаметру и высоте образца соответственно.

Было установлено, что при термической обработке в вакуумной печи при 1550 °С со скоростью нагрева 3 °С/мин и выдержкой 2 часа, спекаются прессованные образцы, которые обладают относительной плотностью – 99,1%, твердостью по Виккерсу 10,37 ГПа, пределом прочности при изгибе – 1018 МПа и трещиностойкостью 6,6 МПа м<sup>0,5</sup>.

Цифровые технологии с каждым годом все активнее внедряются в практику врача-стоматолога, что связано с сокращением сроков на изготовление стоматологических конструкций, а также высокой точностью работ [1].

Отечественные CAD/CAM-заготовки с улучшенными свойствами позволяют обеспечить высокий уровень стоматологической помощи пациентам, при этом сократив стоимость работ [7].

## Список литературы / References

1. Наумович С.С., Разоренов А.Н. CAD/CAM системы в стоматологии: современное состояние и перспективы развития // Современная стоматология. 2016;4:С. 2–9. Naumovich S.S., Razorenov A.N. CAD/CAM systems in dentistry: current status and development prospects // Modern dentistry. 2016;4: pp. 2–9.
2. Акулович А.В., Анисимова Е.Н., Анисимова Н.Ю., Антоник М.М., Арутюнов А.С., Арутюнов С.Д., Асташина Н.Б., Войтяцкая И.В., Горяинова К.Э., Ерилин Е.А., Жолудев С.Е., Каливрадзийян Э.С., Лебедеко И.Ю., Мурадов М.А., Парунов В.А., Перегудов А.Б., Петрикас О.А., Ряховский А.Н., Салеева Г.Т., Стариков Н.А. и др. Ортопедическая стоматология // Национальное руководство в 2 т. / Сер. Национальные руководства. Том 2. (2-е изд., перераб. и доп.). Москва, 2022. Akulovich A.V., Anisimova E.N., Anisimova N.Yu., Antonik M.M., Arutyunov A.S., Arutyunov S.D., Astashina N.B., Voityatskaya I.V., Goryainova K.E., Eriin E.A., Zholudev S.E., Kalivradzhyan E.S., Lebedenko I.Yu., Muradov M.A., Parunov V.A., Peregudov A.B., Petrikas O.A., Ryakhovskiy A.N., Saleeva G.T., Starikov N.A. and others Orthopedic dentistry // National leadership in 2 volumes / Ser. National guidelines Volume 2. (2nd ed., revised and supplemented) Moscow, 2022.
3. Касумова М.К., Обухов Э.В., Тихонов Э.П. Эволюция технологий протезирования от прошлого до настоящего // Институт стоматологии. 2019. № 3 (84). С. 114–120. Kasumova M.K., Obukhov E.V., Tikhonov E.P. Evolution of prosthetic technologies from the past to the present // Institute of Dentistry. 2019. No. 3 (84). P. 114–120.
4. Ретинский Б.В., Кудряшов А.Е. Современные компьютерные технологии в ортопедической стоматологии // Международный научный журнал «Символ науки» № 8, 2016. Retinsky B.V., Kudryashov A.E. Modern computer technologies in orthopedic dentistry // International scientific journal «Symbol of Science» No. 8, 2016.
5. N.W. Solis Pinargote, A. Smirnov, O. Yanushevich, N. Krikheli, P. Peretyagin, S.S. Savilkin, S. Grigoriev. Materials and Methods for All-Ceramic Dental Restorations Using Computer-Aided Design (CAD) and Computer-Aided Manufacturing (CAM) Technologies – A Brief Review. // Technologies – A Brief ReviewDent J (Basel). 2024
6. Янушевич О.О., Крихели Н.И., Перетягин П.Ю., Крамар О.В., Перетягин Н.Ю., Клизов И.В., Ундрицова Н.Г. CAD/CAM-технологии и их место в современной стоматологии // Российская стоматология. 2023;16(4): С. 3–7. Yanushevich O.O., Krikheli N.I., Peretyagin P.Yu., Kramar O.V., Peretyagin N.Yu., Klizhov I.V., Undritsova N.G. CAD/CAM technologies and their place in modern dentistry // Russian Dentistry. 2023;16 (4): P. 3–7.
7. О.О. Янушевич, Н.И. Крихели, И.В. Клизов, А.Т. Сампиев, О.В. Крамар Разработка отечественных CAD/CAM заготовок для стоматологии // Российская стоматология. 2024; 28: С. 21–25. O.O. Yanushevich, N.I. Krikheli, I.V. Klizhov, A.T. Sampiev, O.V. Kramar. Development of domestic CAD/CAM blanks for dentistry. // Russian Dentistry. 2024;28: pp. 21–25.

Статья поступила / Received 17.11.2025

Получена после рецензирования / Revised 20.11.2025

Принята в печать / Accepted 21.11.2025

## Информация об авторах

**Янушевич Олег Олегович**<sup>1</sup> – академик РАН, д.м.н., профессор, ректор, заведующий кафедрой пропедевтики терапевтической стоматологии E-mail: olegyanushevich@mail.ru. eLibrary SPIN: 1452-1387. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0059-4980>

**Крихели Нателла Ильинична**<sup>1</sup> – д.м.н., профессор, проректор, заведующая кафедрой клинической стоматологии E-mail: krikheli\_nmsu@mail.ru. eLibrary SPIN: 5807-2718. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8035-0638>

**Перетягин Павел Юрьевич**<sup>1,2</sup> – к.т.н., ведущий сотрудник лаборатории искрового плазменного спекания, заведующий лабораторией новых технологий и медицинских материалов E-mail: peretyagin.mstu@gmail.com. eLibrary SPIN: 6284-8065. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9053-496X>

**Клизов Ираклий Важаевич** – заместитель начальника цифрового развития и информационных технологий, ассистент кафедры клинической стоматологии E-mail: freeirenicus@gmail.com.

**Сампиев Ахмед Таблиханович**<sup>1</sup> – к.м.н., ассистент кафедры клинической стоматологии E-mail: sampiev.ahmed@gmail.com. eLibrary SPIN: 5075-7176.

**Крамар Ольга Викторовна**<sup>1</sup> – начальник управления науки, ассистент кафедры клинической стоматологии E-mail: dr.ovkramar@gmail.com. eLibrary SPIN: 1171-7192. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0325-587X>

**Перетягин Никита Юрьевич**<sup>1,2</sup> – инженер лаборатории новых технологий и медицинских материалов, младший научный сотрудник лаборатории искрового плазменного спекания E-mail: peretyagin.nikita@yandex.ru. eLibrary SPIN: 6715-8659. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4905-5653>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия  
<sup>2</sup> ФГАОВ ВО МГТУ «СТАНКИН», Москва, Россия

## Контактная информация:

Крамар Ольга Викторовна. E-mail: dr.ovkramar@gmail.com

**Для цитирования:** Янушевич О.О., Крихели Н.И., Перетягин П.Ю., Клизов И.В., Сампиев А.Т., Крамар О.В., Перетягин Н.Ю., Шейн А.А. Разработка технологии изготовления наноструктурированных керамических CAD/CAM заготовок для стоматологии. Медицинский алфавит. 2025;(30):172–176. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-30-72-176>

## Author information

**Yanushevich Oleg O.**<sup>1</sup> – DM Sci, prof., rector, head of the Department of Propaedeutics of Therapeutic Dentistry E-mail: olegyanushevich@mail.ru. eLibrary SPIN: 1452-1387. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0059-4980>

**Krikheli Natella I.**<sup>1</sup> – DM Sci, prof., vice-rector, head of the Department of Clinical Dentistry E-mail: krikheli\_nmsu@mail.ru. eLibrary SPIN: 5807-2718. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8035-0638>

**Peretyagin Pavel Yu.**<sup>1,2</sup> – CT Sci, associate professor of the department «Highly Effective Processing Technologies», head of the Laboratory of New Technologies and Medical Materials E-mail: peretyagin.mstu@gmail.com. eLibrary SPIN: 6284-8065. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9053-496X>

**Klizhov Irakli V.**<sup>1</sup> – Deputy Head of Digital Development and Information Technologies, Assistant Professor of the Department of Clinical Dentistry E-mail: freeirenicus@gmail.com.

**Sampiev Akhmed T.**<sup>1</sup> – PhD, Assistant Professor of the Department of Clinical Dentistry eLibrary SPIN: 5075-7176.

**Kramar Olga V.**<sup>1</sup> – Head of the Department of Science, Assistant of the Department of Clinical Dentistry E-mail: dr.ovkramar@gmail.com. eLibrary SPIN: 1171-7192. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0325-587X>

**Peretyagin Nikita Yu.**<sup>1,2</sup> – Engineer of the Laboratory of New Technologies and Medical Materials, Junior researcher at the «Highly Effective Processing Technologies» E-mail: peretyagin.nikita@yandex.ru. eLibrary SPIN: 6715-8659. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4905-5653>

<sup>1</sup> Russian University of Medicine of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia  
<sup>2</sup> Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia

## Contact information

Kramar Olga V. E-mail: dr.ovkramar@gmail.com

**For citation:** Yanushevich O.O., Krikheli N.I., Peretyagin P.Yu., Klizhov I.V., Sampiev A.T., Kramar O.V., Peretyagin N.Yu., Shein A.A. Development of a technology for manufacturing nanostructured ceramic CAD/CAM blanks for dentistry. Medical alphabet. 2025;(30):172–176. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-30-72-176>

