

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-1-234-238

УДК 616.31

СРАВНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА ИЗГИБ КОМПОЗИТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ МЕТОДИКИ CAD/CAM У КРЕСЛА ПАЦИЕНТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНКИ

Вахобов А. С., Вафин С. М., Хасан А. М.

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

Аннотация

В данной статье проведено сравнительное исследование прочностных характеристик трех композитных материалов при испытаниях на изгиб. В качестве **объектов исследования** были выбраны один российский композитный материал и два зарубежных аналога, изготовленные по технологии CAD/CAM chairside.

Актуальность работы обусловлена тем, что современные стоматологические реставрации требуют не только высокой эстетики, но и значительной механической устойчивости, особенно в клинических случаях, где конструкции подвержены выраженным изгибным нагрузкам. Испытания проводились в соответствии с требованиями действующих стандартов ГОСТ, что обеспечило воспроизводимость результатов и корректность последующего анализа.

Целью исследования являлось определение изгибной прочности, модуля упругости, характера разрушения и комплексная оценка эффективности применения каждого материала в условиях, приближенных к функциональным нагрузкам в полости рта. В рамках эксперимента были выполнены испытания на трехточечный изгиб. Для всех образцов зарегистрированы значения предела прочности, величины упругих и пластических деформаций, а также отмечены особенности трещинообразования. На основании полученных данных проведено детальное сравнение эксплуатационных характеристик исследуемых композитных блоков, включая их устойчивость к механическим воздействиям, стабильность структуры и способность сохранять целостность при длительной нагрузке.

Результаты исследования позволили сформировать выводы о целесообразности применения каждого из рассмотренных материалов в стоматологических реставрациях, изготавливаемых методом CAD/CAM. Отмечены как преимущества российских и зарубежных образцов, так и их ограничивающие факторы, что предоставляет врачам-стоматологам возможность более обоснованно выбирать материалы в зависимости от клинической ситуации.

Ключевые слова: композитные материалы, прочность при изгибе, модуль упругости, CAD/CAM chairside, трехточечный изгиб, механические испытания, российские и зарубежные композиты, прочностные характеристики

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

Акмалджон Саломович ВАХОБОВ ORCID ID 0009-0002-8711-6825

аспирант, кафедра ортопедической стоматологии, Медицинский институт Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия
johnny.vakhobov@mail.ru

Станислав Мансурович ВАФИН ORCID ID 0000-0001-9495-7038

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии, Медицинский институт Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия
stanislav_yafin@mail.ru

Александр Мохаммед ХАСАН ORCID ID 0000-0001-5671-2240

к.м.н., ассистент кафедры ортопедической стоматологии, Медицинский институт Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия
alexander.khasan@mail.ru

Адрес для переписки: Акмалджон Саломович ВАХОБОВ

117198, г. Москва, ул. Миклухо Маклая, д. 10к2

+7 (929) 609-40-44

johnny.vakhobov@mail.ru

Образец цитирования:

Вахобов А. С., Вафин С. М., Хасан А. М.

СРАВНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА ИЗГИБ КОМПОЗИТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ МЕТОДИКИ CAD/CAM У КРЕСЛА ПАЦИЕНТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНКИ. Проблемы стоматологии. 2026; 1: 234-238.

© Вахобов А. С. и др., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-1-234-238

Поступила 17.12.2025. Принята к печати 06.02.2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-1-234-238

**COMPARISON OF THE BENDING STRENGTH OF COMPOSITE BLOCKS
FOR CAD/CAM CHAIRSIDE TECHNIQUES FOR CROWN MANUFACTURING****Vakhobov A.S., Vafin S.M., Khasan A.M.***Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia***Abstract**

This article presents a comparative study of the strength characteristics of three composite materials tested under bending loads. The objects of the study included one Russian composite material and two foreign analogues manufactured using CAD/CAM chairside technology. The relevance of the work is determined by the fact that modern dental restorations require not only high aesthetics but also significant mechanical durability, especially in clinical situations where structures are subjected to pronounced bending stresses. The tests were carried out in accordance with the requirements of the current Russian State Standards, which ensured the reproducibility of the results and the accuracy of the subsequent analysis. The aim of the study was to determine the flexural strength, elastic modulus, fracture behavior, and to perform a comprehensive assessment of the effectiveness of each material under conditions approximating functional loads in the oral cavity. As part of the experiment, three-point bending tests were performed. For all specimens, the flexural strength values, magnitudes of elastic and plastic deformation, and characteristic features of crack formation were recorded. Based on the obtained data, a detailed comparison of the performance characteristics of the investigated composite blocks was conducted, including their resistance to mechanical loading, structural stability, and ability to maintain integrity under prolonged stress. The results of the study made it possible to draw conclusions regarding the suitability of each examined material for dental restorations fabricated using the CAD/CAM method. Both the advantages and the limiting factors of the Russian and foreign materials were identified, enabling clinicians to make more informed decisions when selecting materials depending on the specific clinical situation.

Keywords: *composite materials, bending strength, modulus of elasticity, CAD/CAM chairside, three-point bending, mechanical testing, Russian and foreign composites, strength characteristics*

The authors declare no conflict of interest**Akmaldzhon S. VAKHOBOV** ORCID ID 0009-0002-8711-6825*Postgraduate student, Department of Orthopaedic Dentistry,
Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
johnny.vakhobov@mail.ru***Stanislav M. VAFIN** ORCID ID 0000-0001-9495-7038*PhD, Associate Professor, Department of Orthopaedic Dentistry, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
stanislav_vafin@mail.ru***Alexander M. KHASAN** ORCID ID 0000-0001-5671-2240*PhD, Assistant, Department of Orthopaedic Dentistry, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
alexander.khasan@mail.ru***Correspondence address: Akmaldzhon S. VAKHOBOV***10, build. 2, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia
+7 (929) 609-40-44
johnny.vakhobov@mail.ru***For citation:***Vakhobov A.S., Vafin S.M., Khasan A.M.**COMPARISON OF THE BENDING STRENGTH OF COMPOSITE BLOCKS FOR CAD/CAM CHAIRSIDE TECHNIQUES FOR CROWN MANUFACTURING. Actual problems in dentistry. 2026; 1: 234-238. (In Russ.)*

© Vakhobov A.S. et al., 2026

DOI: 10.18481/2077-7566-2026-22-1-234-238

Received 17.12.2025. Accepted 06.02.2026

Введение

В современной стоматологии технологии CAD/CAM, особенно в формате chairside (непосредственно у кресла пациента), получили широкое распространение благодаря высокой точности, скорости изготовления и вовлечению пациента в процесс протезирования. Эти системы позволяют выполнить полный цикл реставрации — от цифрового сканирования и проектирования до фрезерования и финальной обработки — прямо в клинике без участия зуботехнической лаборатории. На стоматологическом рынке представлены различные CAD/CAM-системы, такие как CEREC (Dentsply Sirona, Германия), Ceramill Motion (Amann Girrbach, Германия), KaVo ARCTICA/Everest (KaVo Dental GmbH, Германия) и другие, а также широкий спектр композитных блоков, используемых для изготовления постоянных реставраций. Среди наиболее распространенных зарубежных композитных материалов можно выделить Tetric CAD (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн) и 3M Lava Ultimate (3M ESPE, США), отличающиеся высокой степенью наполнения, устойчивостью к износу и хорошими эстетическими свойствами.

В последние годы в России активно развиваются технологии производства собственных CAD/CAM-композитов, что позволяет формировать конкурентоспособные отечественные материалы для цифрового протезирования. Одним из таких материалов является Нолатек (ВладМиВа, Россия) — высоконаполненный нанокompозит, предназначенный для фрезерных CAD/CAM-систем, характеризующийся оптимальным сочетанием прочности, эластичности и технологичности. Его структура разработана с учетом клинических требований к жевательным реставрациям, включая сопротивление нагрузкам и стабильность оптических свойств. Если ранее основное внимание в научных работах уделялось исследованию керамических и гибридных материалов, то в настоящем исследовании акцент смещен на изучение прочностных характеристик CAD/CAM-композитов. В данной статье проводится сравнительное исследование механических свойств отечественного композитного материала Нолатек (ВладМиВа) и зарубежных аналогов Tetric CAD (Ivoclar Vivadent) и 3M ESPE (3M Lava Ultimate). Целью работы является оценка прочности при трехточечном изгибе, модуля упругости и деформационных свойств указанных материалов. Поскольку реставрации, выполненные по технологии CAD/CAM, изготавливаются преимущественно в пределах одного зуба, прочностные характеристики композитных блоков приобретают ключевое значение при выборе материала. Высокая прочность и износостойкость особенно важны для восстановления жевательных зубов, где нагрузка значительно выше. Таким образом, в данной работе проводится сравнительный анализ российских и зарубежных CAD/CAM-композитных материалов с целью определения их прочностных характеристик и оценки потенциала использования отечественного материала Нолатек (ВладМиВа) как альтернативы зарубежным аналогам Tetric CAD и 3M Lava Ultimate. Результаты иссле-

дования позволят определить конкурентоспособность отечественных разработок и перспективы их применения в клинической практике цифрового протезирования.

Материал и методы

Для проведения исследований использовались композитные материалы Нолатек и их зарубежные аналоги: Tetric CAD и 3M Lava Ultimate. Перед испытаниями образцы погружали в дистиллированную воду на 24 часа при температуре 37 °С. Непосредственно перед тестированием их извлекали, обсушивали фильтровальной бумагой и измеряли ширину и высоту каждого образца. Для каждого типа материалов вычисляли среднее арифметическое значение прочности с точностью до 0,1 МПа после испытания 10 образцов из каждого материала. Всего испытано 30 образцов.

Испытания на изгиб при трехточечной нагрузке проводили по методике ГОСТ 31574-2012. Определение прочности при трехточечном изгибе выполняли на испытательной машине Zwick/Roell Z010 (Ульм, Германия) в лаборатории разработки и физико-химических испытаний стоматологических материалов ФГБУ ЦНИИС и ЧЛХ Минздрава России. Все образцы материалов, использованные в исследовании, имели цвет А2 (2М2). Образцы из композитных материалов Нолатек, Paradigm MZ100 и Tetric CAD были изготовлены ручным способом при помощи зуботехнических фрез и сепарационных дисков, под контролем штангенциркуля, размерами $(25 \pm 2) \times (2 \pm 0,1) \times (2 \pm 0,1)$ мм, ГОСТ 31574-2012, по типу «балочка» — для исследования на изгиб (рис. 1).

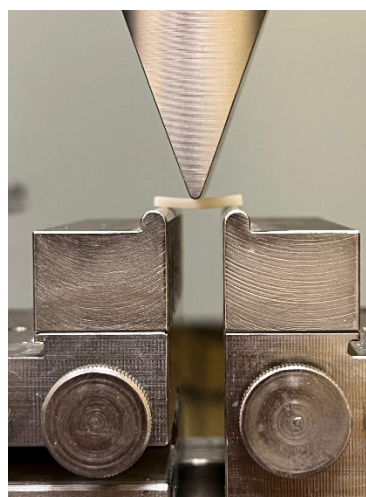


Рис. 1. Испытания на изгиб при трехточечной нагрузке на испытательной машине Zwick/Roell Z010 (Ульм, Германия)

Fig. 1. Three-point bending tests on the Zwick/Roell Z010 testing machine (Ulm, Germany)

Испытания на изгиб проводили при скорости движения траверсы испытательной машины 5 мм/мин. Расчет прочности на изгиб σ из проводили по формуле:

$$\sigma_{из} = 3FL/2bh^2,$$

где

F — нагрузка при разрушении образца (Н);

L — расстояние между опорами, равное $20 \pm 0,01$ мм;

b — ширина образца, измеренная непосредственно перед началом испытания, мм;

h — высота образца, измеренная непосредственно перед началом испытания, мм.

Для каждого типа материалов вычисляли среднее арифметическое значение.

Проведенные исследования прочности при трехточечном изгибе образцов композитных материалов, применяемых для CAD/CAM-технологий chairside, продемонстрировали, что все изученные материалы соответствуют нормативным требованиям, предъявля-

емым к современным восстановительным материалам. Согласно техническим регламентам (ГОСТ 31574-2012). Испытанные образцы с существенным запасом соответствовали данным критериям. В исследовании были проанализированы три группы композитных материалов: отечественный материал Нолатек и два зарубежных аналога — Tetric CAD и 3M Lava Ultimate (3M ESPE). Результаты испытаний продемонстрировали, что значения нагрузки при разрушении составили 122,5 Н для Нолатек, 126 Н для 3M Lava Ultimate (3M ESPE) и 191 Н для Tetric CAD (табл. 1.).

Таблица 1

Значения предельной прочности исследованных материалов при изгибе $\sigma_{0,2}$ и модуля упругости E

Table 1. Values of the ultimate bending strength of the studied materials $\sigma_{0,2}$ and the modulus of elasticity E

Показатели	Нолатек	3M Lava Ultimate (3M ESPE)	Tetric CAD
Предел прочности при Изгибе, МПа	122,5 ±8,8	126,6 ±3,9	191,17 ±10,93
Модуль Упругости E , ГПа	3,6 ±0,3	3,3 ±0,2	3,1 ±0,1

Полученные данные свидетельствуют о высокой механической прочности всех исследованных материалов. Отечественный композит Нолатек продемонстрировал показатели, сопоставимые с зарубежными аналогами, что подтверждает его соответствие клиническим требованиям и возможность применения в зонах, испытывающих значительные функциональные нагрузки. Незначительное отставание по прочностным характеристикам не носит клинически значимого характера и не ограничивает область применения материала. Таким образом, композитный материал Нолатек может рассматриваться как конкурентоспособная альтернатива импортным аналогам при изготовлении ортопедических конструкций с использованием CAD/CAM-технологий. Полученные результаты подтверждают целесообразность его широкого клинического применения для восстановления зубов как фронтальной, так и жевательной групп зубов.

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о высокой механической прочности современных композитных материалов, предназначенных для применения в CAD/CAM-технологиях. Все исследованные материалы продемонстрировали значения прочности при трехточечном изгибе, существенно превышающие минимальные требования нормативных документов. Согласно ГОСТ 31574-2012, минимальное значение прочности при трехточечном изгибе для материалов, применяемых при изготовлении постоянных реставраций, должно составлять не менее 80 МПа. Все исследованные материалы показали значения, значительно превышающие данный норматив, что подтверждает возможность их безопасного клинического применения. Особое внимание заслуживает отечественный композит Нолатек, который по прочностным характеристикам сопоставим с зарубежным аналогом 3M Lava Ultimate (3M ESPE). Незначительные различия в нагрузке при разрушении

не имеют клинически значимого характера и не ограничивают область его применения. Это подтверждает стабильность и предсказуемость механического поведения материала в условиях функциональной нагрузки. Несколько более высокие показатели прочности, продемонстрированные Tetric CAD, связаны с особенностями состава и технологией производства данного материала. Однако даже с учетом этих различий все три материала демонстрируют значения, достаточные для клинического использования как в переднем отделе, так и в жевательной группе зубов, где реставрации подвергаются максимальным нагрузкам. Таким образом, использование отечественного композита Нолатек позволяет обеспечить необходимую прочность ортопедических конструкций при сохранении высокого уровня клинической надежности. Это делает материал конкурентоспособным на фоне зарубежных аналогов и обосновывает его широкое применение в практической стоматологии. Кроме того, использование отечественных материалов способствует снижению себестоимости реставраций и повышению доступности современных CAD/CAM-технологий в клинической практике. Перспективы дальнейших исследований заключаются в проведении дополнительных испытаний, направленных на оценку износостойкости и долговечности отечественных композитных материалов в условиях длительной эксплуатации. Особый интерес представляет сравнительная оценка их поведения при циклических нагрузках, моделирующих реальные жевательные функции, а также клиническое наблюдение за отдаленными результатами реставраций.

Выводы

1. Результаты испытаний показали, что все исследованные композитные материалы (Нолатек, Tetric CAD и 3M Lava Ultimate (3M ESPE)) соответствуют клиническим и нормативным требованиям по прочностным характеристикам, предъявляемым к материалам для CAD/CAM-технологий.

2. Отечественный композит Нолатек продемонстрировал показатели прочности при трехточечном изгибе (122,5 Н), сопоставимые с зарубежным аналогом 3М Lava Ultimate (3М ESPE) (126 Н), что подтверждает его клиническую надежность.

3. Полученные результаты подтверждают конкурентоспособность отечественного материала Нолатек, что

позволяет рассматривать его как полноценную альтернативу зарубежным композитным CAD/CAM-материалам при изготовлении постоянных ортопедических конструкций.

4. Применение Нолатек может способствовать расширению ассортимента доступных стоматологических материалов без снижения качества и долговечности реставраций.

Литература/References

1. Fasbinder D. J. Chairside CAD/CAM restorative dentistry: a review of the state of the art. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2012;33(1):50–8.
2. Miyazaki T., Hotta Y., Kunii J., Kuriyama S., Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*. 2009;28(1):44–56. <https://doi.org/10.4012/dmj.28.44>
3. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137(Suppl):14S-21S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0397>
4. ГОСТ 31574-2012. Материалы стоматологические. Материалы для реставраций зубов. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ; 2013. 47 с. [GOST 31574-2012. Dental materials. Materials for dental restorations. General technical conditions. Moscow: Standartinform; 2013.47 p. (In Russ.)]. [gost_31574-2012.pdf](https://www.gost.ru/standarts/gost_31574-2012.pdf)
5. Мельник А. С., Горяинова К. Э., Лебеденко И. Ю. Обзор современных материалов для изготовления керамических коронок у кресла пациента методом компьютерного фрезерования. *Российский стоматологический журнал*. 2014;18(6):24–28. [Melnik A. S., Goryainova K. E., Lebedenko I. Y. Review modern materials for the manufacturing ceramic crowns at the chairside by the method of computer milling. *Russian Journal of Dentistry*. 2014;18(6):24–28. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/dent.39270>
6. Ненашева Е. А., Быкова М. В., Деев М. С., Быков Д. О. Изучение прочности на изгиб образцов многослойной стоматологической керамики на основе диоксида циркония отечественного и китайского производства после традиционного и скоростного спекания. *Проблемы стоматологии*. 2024;20(2):191–195. [Nenasheva E. A., Bykova M. V., Deev M. S., Bykov D. O. Studying the flexural strength of samples of multilayer dental ceramics based on zirconium dioxide of domestic and chinese production after traditional and high-speed sintering. *Actual problems in dentistry*. 2024;20(2):191–195. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=68568653>
7. Горяинова К. Э., Русанов Ф. С., Пожуровская И. Я., Ретинская М. В., Лебеденко И. Ю. Сравнительная оценка прочности стоматологических материалов для методики cad/cam у кресла пациента. *Российский стоматологический журнал*. 2016;20(3):116–120. [Goryainova K. E., Rusanov F. S., Poyurovskaya I. Ya., Retinskaya M. V., Lebedenko I. Yu. Comparative assessment of strength of dental cad/cam materials for chairside techniques. *Russian Journal of Dentistry*. 2016;20(3):116–120. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26331214>