

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ  
ШТИФТОВЫХ  
ВКЛАДК  
КОСВЕННЫМ  
МЕТОДОМ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D  
ПЕЧАТИ**

*Белорусский  
государственный  
медицинский  
университет*

*Кафедра  
ортопедической  
стоматологии*

*Шнип Евгений  
Васильевич*

*Стожаров Петр  
Александрович*

*Дьячук Илья Олегович*



# ЦЕЛЬ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

- Провести сравнительную оценку и дать характеристику различным методам изготовления литых штифтовых конструкций.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

## *Общая характеристика*

В качестве объектов исследования использовались готовые литые культевые штифтовые вкладки. Изготовление производилось непрямым методом, с получением двухфазного двухэтапного оттиска С-силиконом. Для одного клинического случая изготавливались две вкладки. Первая вкладка изготавливалась с использованием компьютерного моделирования в системе автоматизированного проектирования и печати заготовки вкладки на 3D принтере, вторая моделировалась косвенно на гипсовой модели воском. Проводилась сравнительная оценка фотополимерной и восковой репродукций. Репродукции вкладок передавались в зуботехническую лабораторию для замены на металл. После чего была произведена визуальная и инструментальная сравнительная оценка вкладок, смоделированных разными методами.



*Рис.1 – Готовая литая культевая штифтовая вкладка*



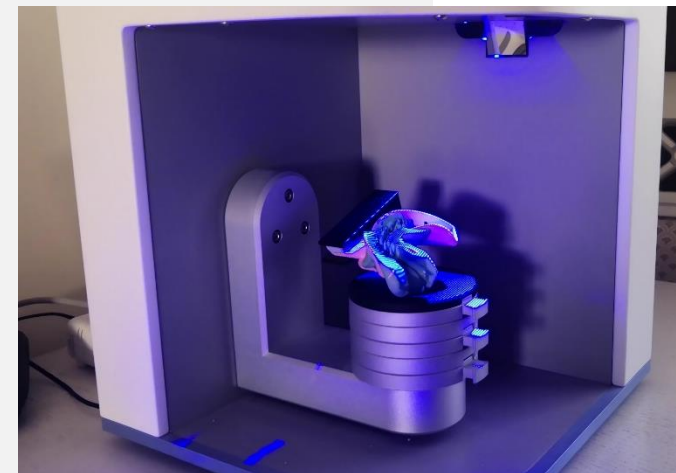
# ВКЛАДКА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ПЕЧАТИ

*Рис. 2 –  
Возможности 3D  
печати*

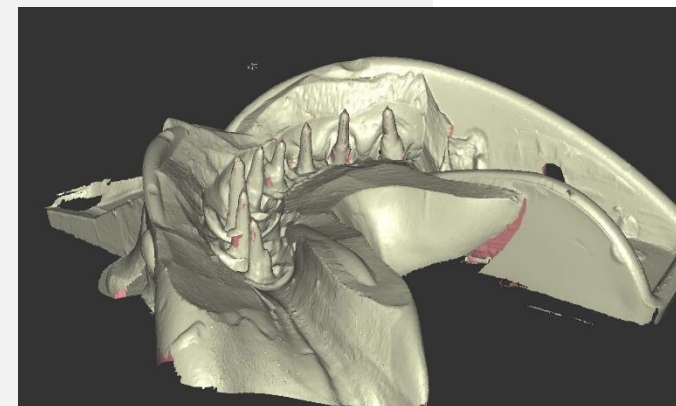
# ВКЛАДКА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ПЕЧАТИ

*Сканирование и получение виртуальной модели*

Изготовление вкладки начинается со сканирования оттиска в стоматологическом сканере Medit с получением виртуальной модели. Сканер использует технологию оптического сканирования, при этом на модель проецируется структурированный свет и по преломлению восстанавливает расположение точек поверхности в пространстве. Модель поворачивается и снимки делаются в автоматическом режиме. Данные приводятся к единой общей системе координат — так называемая «привязка изображений» или «выравнивание сканов». Затем создается полная трехмерная цифровая модель. Точность сканирования составляет 7 мкм. Далее модель сохраняется в формате .stl и переносится в систему автоматизированного проектирования «Exocad».



*Рис. 3 – Сканирование оттиска*

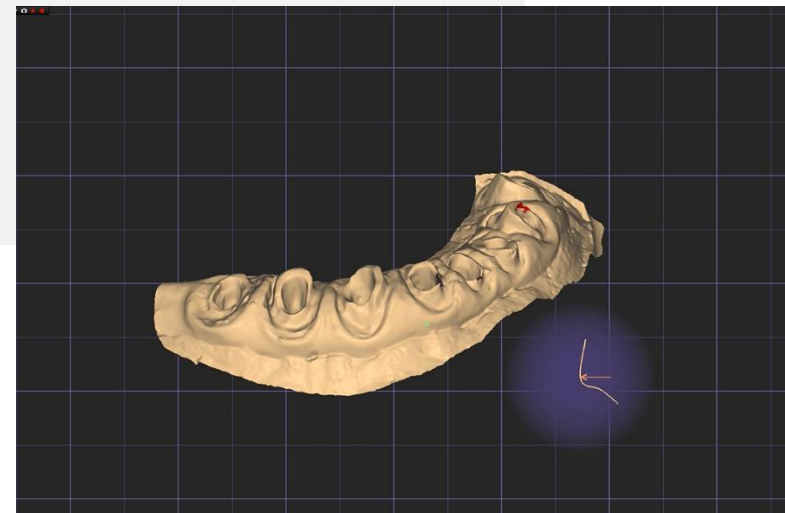


*Рис. 4 – Готовая виртуальная модель*

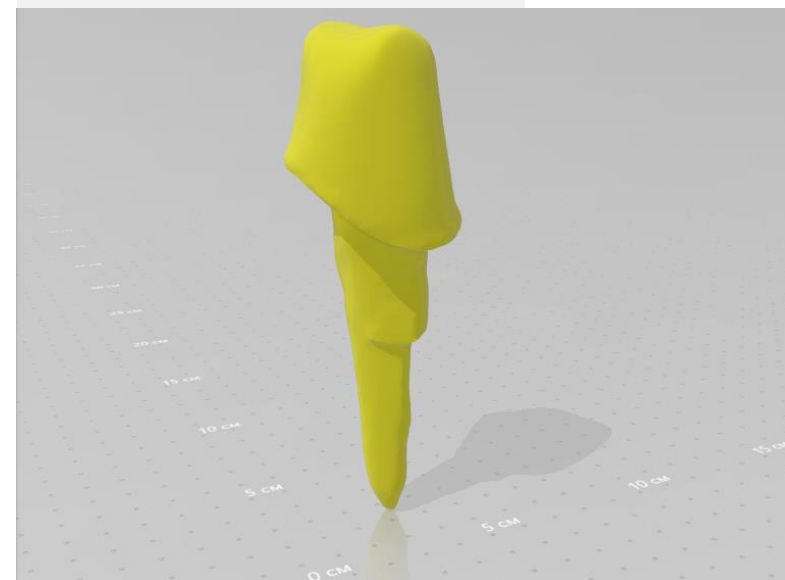
# ВКЛАДКА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ПЕЧАТИ

*Виртуальное моделирование реставраций*

В системе автоматизированного проектирования «Ехосad» моделирование вкладки начинается с определения границ реставрации, минимальной толщины, цементного зазора. После программа предлагает библиотеку форм зубов и производит коррекцию реставрации согласно границам. Далее используя различные виртуальные инструменты проводится свободное моделирование вкладки. Программа автоматически корректирует реставрацию согласно установленному параметру минимальной толщины, изолирует поднутрения. Виртуальная модель вкладки сохраняется в .stl формате. После чего файл реставрации отправляется в печать.



*Рис. 5 – Определение границ реставрации*



*Рис. 6 – Готовая виртуальная модель вкладки*

# ВКЛАДКА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ПЕЧАТИ

3D печать заготовок



Рис. 7 – 3D принтер

3D печать фотополимерной репродукции вкладки проводилась на принтере «Formlabs form 2». Принтер использует технологию SLA (лазерная стереолитография), основанную на послойном отверждении жидкого материала под действием луча лазера. Технология позволяет печатать с точностью до 25 мкм. Материал – высокоточный беззольный фотополимер Castable Wax Resin. Примерное время изготовления фотополимерной репродукции 2 часа. Принтер позволяет печатать несколько заготовок одновременно.

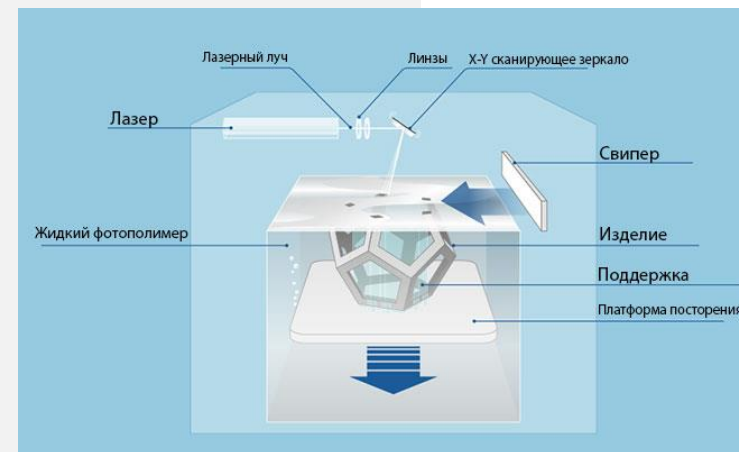


Рис. 8 – Технология SLA

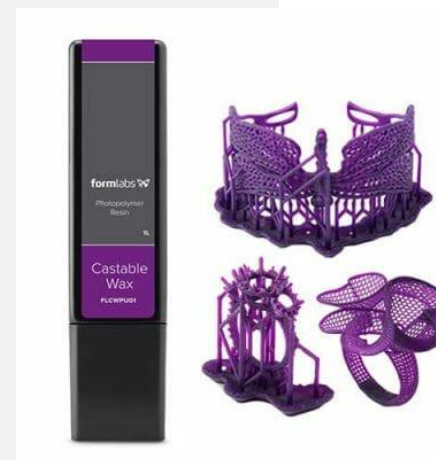


Рис. 9 – Фотополимер для печати

# ВКЛАДКА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ПЕЧАТИ

*Готовые фотополимерные репродукции вкладок*

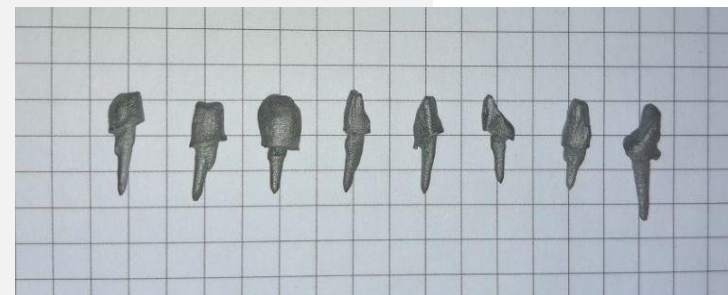


*Рис. 10 – Напечатанная репродукция вкладки на модели*

Напечатанные изделия имеют гладкую поверхность, небольшой уровень видимости слоя, высокую механическую прочность и чёткие контуры даже при очень сложной геометрии. Материал обеспечивает чистое выгорание и выход золы до 0,1%. Литье проводилось из кобальт-хромового сплава, в одной опоке с вкладками смоделированными воском.



*Рис. 11 – Напечатанные репродукции вкладок*



*Рис. 12 – Вкладки отлитые по напечатанным заготовкам*





**ВКЛАДКА,  
ИЗГОТОВЛЕННАЯ  
КОСВЕННО НА ГИПСОВОЙ  
МОДЕЛИ ВОСКОМ**

*Рис. 13 – Воск  
«Лавакс»*

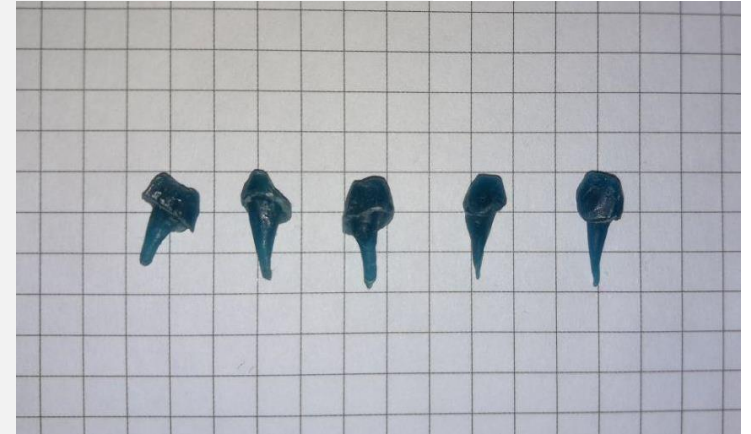
# ВКЛАДКА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ КОСВЕННО НА ГИПСОВОЙ МОДЕЛИ ВОСКОМ

*Общая характеристика*

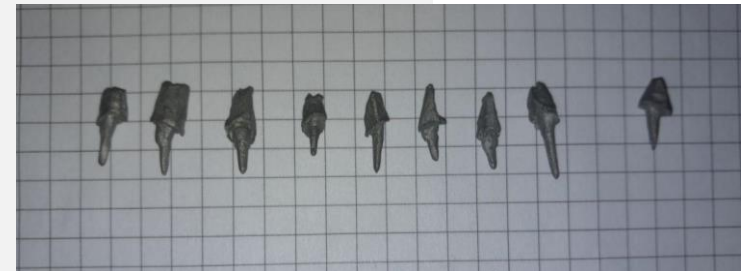


*Рис. 14 – Форма выпуска воска «Лавакс»*

По полученному оттиску отливалась модель из супергипса с использованием вибростоллика. Далее с использованием инструментов, спиртовки, воском «Лавакс» моделировалась восковая репродукция штифтовой вкладки. Заготовка аккуратно извлекалась из модели и передавалась в литейную лабораторию. Литье заготовки проводилось из кобальт-хромового сплава в одной опоке с напечатанными вкладками.



*Рис. 15 – Вкладки смоделированные воском*



*Рис. 16 – Вкладки отлитые по восковым заготовкам*

# СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ

## С использованием 3D печати

- Высокоточные технологии
- Возможность изготовления разборных вкладок
- Нет необходимости отливать модель
- Возможность прогнозирования будущей реставации
- Необходимость в дополнительном оборудовании

## Ручное моделирование

- Скорость изготовления
- Дешевизна
- Не требует дополнительного оборудования
- Возможность деформации заготовки из воска
- Неточность

# ИЗМЕРЕНИЯ

Для проведения измерений было изготовлено 18 литых культевых штифтовых вкладок. Для одного клинического случая изготавливались две вкладки разными методами. Измерения проводились при помощи штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. В качестве параметров для анализа точности конструкции использовались толщина штифта у основания, длина штифта и посадка без коррекции.



*Рис. 17 – Измерительные инструменты*

# ТАБЛИЦА

Параметр	Вкладки, изготовленные с использованием 3D печати	Вкладки, изготовленные косвенно на гипсовой модели ВОСКОМ	Вкладки, изготовленные с использованием 3D печати	Вкладки, изготовленные косвенно на гипсовой модели ВОСКОМ
	Толщина у основания, мм		Длина штифта, мм	
1	3,0	3,0	9,5	8,0
2	2,8	2,9	8,0	7,5
3	2,6	2,6	7,3	7,0
4	2,7	2,3	7,9	5,4
5	2,1	2,1	8,1	6,1
6	2,1	2,7	6,9	6,0
7	2,9	2,7	6,0	5,9
8	2,5	2,3	10,3	9,8
9	2,1	2,7	8,0	6,9

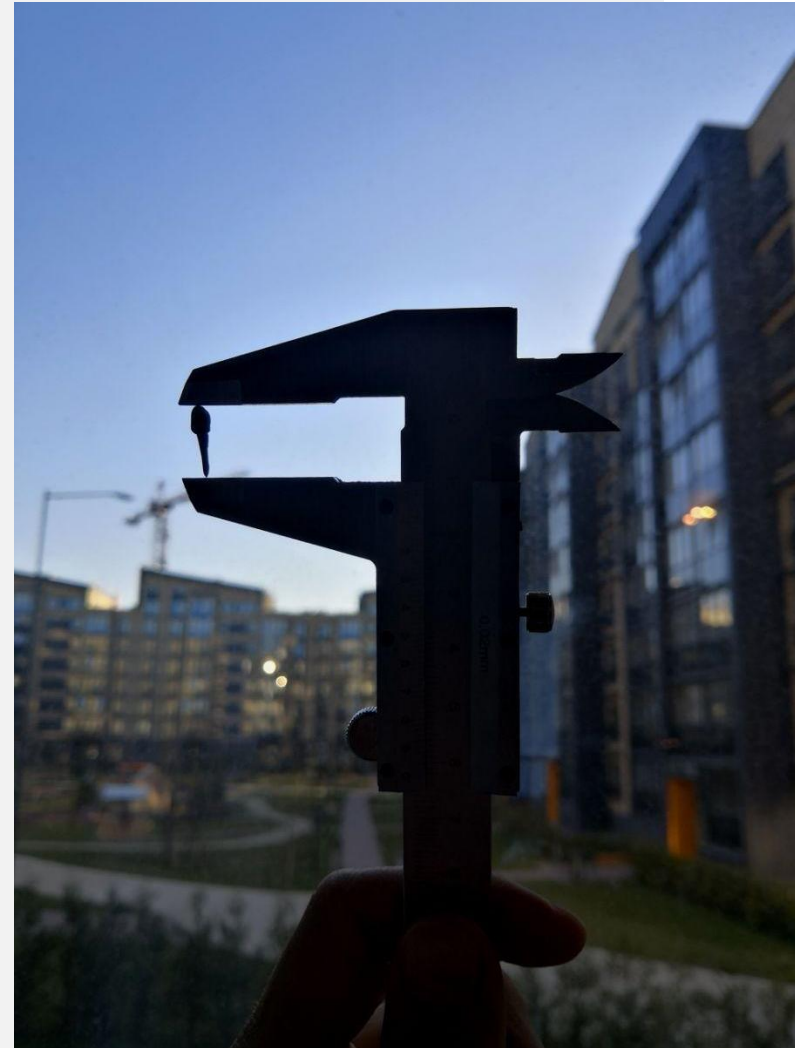
Табл. 1 – Измерение параметров вкладок

# РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

- 6 из 9 вкладок изготовленных с использованием 3D печати при примерке на модели не нуждались в дополнительной коррекции. Доработка вкладок проводилась с целью коррекции точности литья. Длина штифта во всех клинических случаях у напечатанных вкладок была больше, они точнее соответствовали границам реставрации. Вкладки, изготовленные косвенно на гипсовой модели воском, не нуждались в доработке только в 2 из 9 случаев. Основная часть доработок приходилась на коррекцию штифта, его анатомической формы.
- Готовые литые штифтовые вкладки изготовленные с использованием 3D печати лучше повторяли форму подготовленного корневого канала, чем вкладки изготовленные воском на модели. Надкорневая часть напечатанной вкладки точнее соответствовала границам реставрации. В итоге на этапе припасовки вкладки затрачивается меньше времени на ее коррекцию.

# ВЫВОДЫ

Использование технологии 3D печати для литья металлических вкладок позволяет быстро и точно изготавливать выжигаемые репродукции, что в свою очередь улучшает качество готовых конструкций и уменьшает время необходимое на их коррекцию.



*Рис. 18 – Процесс измерения вкладок*

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ**