

**Renfert**

making work easy



**Цифровая модель:**

**Перспективы эффективного  
изготовления моделей в  
ортодонтии**

## Содержание

Перспективы эффективного изготовления моделей в ортодонтии _____	стр. 3
Цифровое изготовление модели – от CAI и CAD до CAM _____	стр. 4
Преимущества цифровой модели _____	стр. 6
Инвестиционная цепочка: цифровой рабочий процесс _____	стр. 7
Технологии 3D-печати моделей _____	стр. 9
Полимерная печать или филаментная печать _____	стр. 10
Филаментный принтер для ортодонтии _____	стр. 13
Обзор рабочего процесса: филаментная печать с SIMPLEX _____	стр. 14

---

## Renfert GmbH

Untere Giesswiesen 2  
78247 Hilzingen

Tel. +49 (0) 77 31 82 08-0  
Fax +49 (0) 77 31 82 08-70

[www.renfert.com](http://www.renfert.com)

---

## Перспективы эффективного изготовления моделей в ортодонтии

Цифровые процессы пришли в стоматологию. И в ортодонтии всё чаще прибегают к цифровым технологиям, например, при диагностике и планировании, а также при изготовлении конструкций или шин. Невозможно отказаться от физической модели. Но как эффективно и при этом экологично получить высококачественную модель с помощью цифрового процесса? Техническая информация от экспертов (Whitepaper) дает ответ.

Интеграция цифровых процессов в ортодонтическую повседневную практику дает множество преимуществ. С помощью цифровых процессов лечение становится быстрее, точнее и комфортнее. Диагностику, планирование и результат можно имитировать и оптимизировать на компьютере. Рабочие процессы становятся эффективнее; экономия времени в итоге дает экономическое преимущество. Но что же это означает для ортодонтической клиники и ортодонтической лаборатории? Как проще начать работу с цифровой технологией?

Для начала работы с цифровыми технологиями прежде всего необходимо рассмотреть основные аспекты – сбор данных (CAI), обработку данных (CAD), изготовление (CAM). Исходя из этого, принимать взвешенные инвестиционные решения.

## Цифровое изготовление модели – от CAI и CAD до CAM

Цифровые процессы в ортодонтии не новы. Соответствующее программное обеспечение уже давно позволяет выполнять виртуальную диагностику и планирование. Что изменилось, так это возможности современных внутриротовых сканеров. Внутриротовые сканеры получили огромный импульс инноваций, меняя правила игры.

Некоторые клиники используют цифровые возможности, не имея собственного внутриротового сканера, например, с помощью

- ☑ сканера для оттисков (оцифровка обычного оттиска),
- ☑ настольного сканера (оцифровка гипсовой модели),
- ☑ аутсорсинга (гипсовую модель отправляют стороннему поставщику услуг).

Однако эти варианты ведут к цифровой модели непрямым путем - в обход. Внутриротовой сканер - это настоящий прорыв в цифровой мир. Только с помощью прямого сбора цифровых данных возможно отобразить в цифровом виде весь ортодонтический рабочий процесс. Без обходного пути, затратного по времени и чреватого ошибками, прямо из полости рта пациента формируется точный\* цифровой набор данных модели.

\*Актуальные исследования показывают, что как локальная точность, так и точность сканирования полной челюсти с помощью современных внутриротовых сканеров как минимум не уступают традиционной процедуре.

Цифровая модель = Виртуальная модель в программе CAD  
(закрытый STL-файл )

Физическая модель = Доступная модель челюсти  
на рабочем месте

Цифровое изготовление модели = CAM-изготовление модели  
(3D-печать,  
CAM-фрезерование)

Результатом сканирования во рту является цифровой слепок (**Computer-Aided Impressioning (CAI)**), используемый в ПО для дальнейшей работы (**Computer-Aided Design (CAD)**). Во многих случаях требуется физическая модель. Но и она изготавливается в рамках цифрового рабочего процесса (**Computer Aided Manufacturing (CAM)**). Ортодонтическая клиника или ортодонтическая лаборатория могут разными способами получить физическую модель. В то время как субтрактивное изготовление (CAM-фрезерование модели) из-за больших затрат времени и средств практически не используется, на помощь пришла 3D-печать. Распространенными способами изготовления являются:

- ☑ Аддитивное изготовление в клинике или лаборатории (3D-печать модели)
- ☑ Аутсорсинг (отправка стороннему поставщику услуг)

Для цифровой ортодонтической модели действуют те же самые высокие стандарты, что и обычно: точное отображение зубов, альвеолярного гребня, основания челюсти, переходной складки, десны в верхней и нижней челюсти.

3D-печать моделей очень экономична, в отличие от фрезерования. Только при наличии такой технологии появляется реальная альтернатива аналоговому изготовлению моделей. Инвестиции в принтер, как правило, ниже, расходуется меньше материала, а сроки изготовления короче. В качестве недостатка часто упоминаются дополнительные затраты на доработку (улучшение качества), связанные с некоторыми технологиями печати (DLP, SLA). Поэтому необходимо сравнить различные технологии печати и выбрать оптимальную для ортодонтических целей. Например, при филаментной печати (процесс FDM/FFF) дополнительная обработка не требуется.

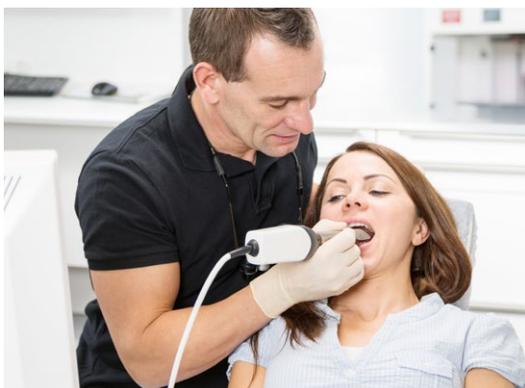
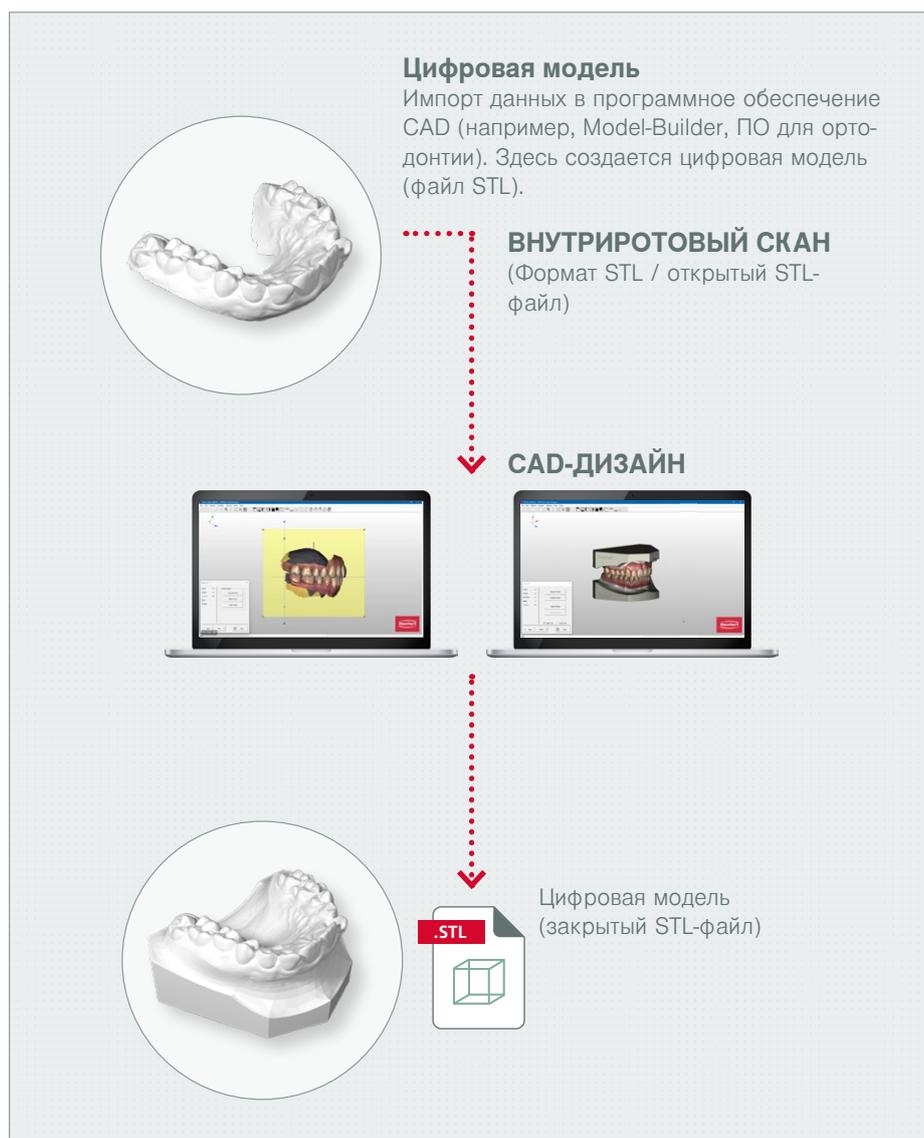


Рис. 1. Оцифровка с помощью внутриротового сканера

Рис. 2. Ортодонтическая модель, полученная цифровым способом

## Преимущества цифровой модели

Основными преимуществами цифровой модели (запись данных STL) являются: экономия времени, ресурсов, затрат и места, точная планируемость, воспроизводимость. Создание модели в CAD программном обеспечении происходит в несколько кликов. Затем виртуальную модель можно проанализировать и обработать во всех плоскостях. Программа анализирует состояние пациента и планирует ортодонтическое лечение. Будь то измерение размера или положения зуба, создание Set-up (планирование позиционирования) – цифровые инструменты окажут полезную поддержку. Сценарии лечения можно легко смоделировать. Другое преимущество: цифровую модель можно заархивировать, сэкономив место. Запись данных хранится в цифровом виде. Позже в любой момент их можно будет найти, запросив данные пациента. При необходимости изготавливается физическая модель.



## Инвестиционная цепочка: цифровой рабочий процесс

При рассмотрении цифрового рабочего процесса в ортодонтии необходимо различать разные этапы, которые в идеале образуют единое целое с помощью согласованных интерфейсов.

1. Набор данных из CAI
2. CAD программа конструирования цифровой 3D модели
3. ПО CAM-Slicer
4. Устройство вывода (3D-принтер)

### 1. Внутриротовой сканер: получение данных

С помощью внутриротового сканера\* происходит поверхностное сканирование внутриротовой полости. Данные обычно хранятся в формате STL (Standard Triangulation/Tessellation Language - стандартный формат многих систем CAD). Через интерфейс их можно импортировать в ПО CAD (ПО для планирования в ортодонтии или Model-BUILDER).

\*Внутриротовые сканеры доступны в широком ценовом диапазоне.

Но не только цена должна быть в центре внимания, но и универсальные возможности. Многие внутриротовые сканеры давно уже стали чем-то большим, чем просто заменой слепка! Для ортодонтии открываются совершенно новые перспективы.

### 2. CAD программа: создание цифровой 3D-модели

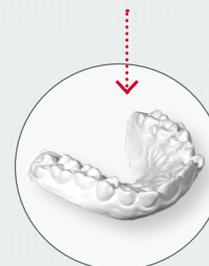
Цифровая модель создается всего за несколько шагов с помощью специального программного обеспечения CAD для 3D-моделирования. В модулях для дизайна моделей\* основные этапы, как правило, выполняются автоматически (например, базирование и обрезка модели, распложение окклюзионной плоскости и т. д.).

\*Модули для дизайна моделей: это приложение может быть интегрировано в пакет ПО CAD или же добавлено опционально. Вместо этого можно использовать отдельные программы (к примеру, SIMPLEX model designer от Renfert).

1.



Внутриротовой сканер

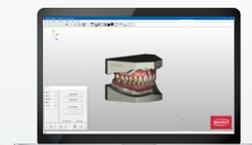


Цифровой набор данных

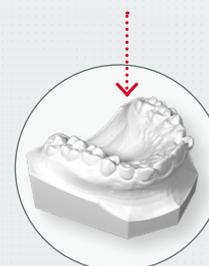


открытый STL-файл

2.



CAD программа, конструирование цифровой 3D-модели



Цифровая модель



закрытый STL-файл

### 3. ПО CAM-Slicer: подготовка печати модели

Во многих ситуациях дополнительно к цифровой модели необходима физическая модель, например

- ☑ модель для изготовления элайнеров методом вакуумной формовки
- ☑ модель для планирования
- ☑ модель для диагностики
- ☑ рабочая модель

Чтобы на основе оцифрованных данных изготовить точную модель, предпочтительна 3D-печать. Экономично, экологично (в зависимости от метода печати), точно, быстро и просто – это преимущества печати модели. Для распечатки цифровой модели необходимо импортировать набор данных в ПО Slicer\*. Через согласованные интерфейсы это работает без проблем и почти незаметно для пользователя. ПО Slicer готовит цифровую модель к печати. По названию (Slicing, нарезка) понятно, что программа разбивает цифровую модель на отдельные слои. На принтер "подаются" нарезанные данные (G-код).

\*ПО Slicer: часто программное обеспечение интегрировано в систему 3D-печати. В качестве альтернативы имеется автономное ПО. Важны простота использования, безошибочное отображение данных STL, быстрый расчет данных и материала - а также специфические настройки для принтера.

Программное обеспечение Slicer - важная часть системы, без которой 3D печать невозможна. Однако данное ПО не всегда входит в комплект поставки принтера, и зачастую его приходится приобретать отдельно. Интегрированное программное обеспечение Slicer, являющееся неотъемлемой частью систем 3D-печати (например, системы филаментной 3D-печати SIMPLEX от Renfert), дает большие преимущества и значительно упрощает работу. Индивидуальное согласование между ПО, филаментом и принтером обеспечивает оптимальный результат, поскольку функциональность ПО Slicer во многом определяет результаты печати и удобное использование. Для новичков идеальным является программное обеспечение, которое практически автоматически контролирует процесс печати.

### 4. Устройство вывода: 3D-принтер

В ПО Slicer создается набор данных для 3D-принтера. Системы 3D-печати отличаются: основные отличия между технологиями 3D-печати являются решающим для выбора нужного принтера.

3.



ПО Slicer



#### G-код

G-код содержит все необходимые команды и информацию для печати физических моделей из цифровых данных.

4.



3D-принтер  
(например, филаментный принтер)



готовые модели



## Технология печати для 3D-печати моделей

Аддитивная технология (3D-печать) включает в себя ряд различных процессов. Либо материал наносится слой за слоем, либо материал в виде порошка расплавляется лазером. В результате получается трехмерный объект. Для использования в стоматологии также существует множество 3D-принтеров с различными технологиями печати. Наиболее распространены, например:

- ☑ Стереолитография (SLA)
- ☑ Световая обработка (DLP)
- ☑ Филаментная печать / метод экструзии (FDM(= Fused Deposition Modelling)/технология FFF(= Fused Filament Fabrication))
- ☑ Технология лазерного спекания (SLM) (печать на металле)

Их всех объединяет то, что модель создается слой за слоем. Актуальны сейчас – например, для многих работ в зуботехнической лаборатории – принтеры SLA- 1 или DLP 2. В основе здесь светоотверждающий жидкий фотополимер, который затвердевает спустя определенное время экспозиции. В технологии стереолитографии (SLA) жидкая смола затвердевает точно под действием лазерного луча. Напротив, DLP-принтер работает с DLP-проектором в качестве источника света, наподобие бимера.

В обоих упомянутых процессах (DLP, SLA) требуется постобработка, напечатанный объект (полимерная смола) необходимо очистить и подвергнуть отверждению под УФ-светом.

Удобной альтернативой (например, для ортодонтических моделей) являются принтеры, работающие с технологией FDM/FFF – филаментные принтеры 3. При этом филамент (термопластичный пластик в виде проволоки в рулоне) нагревается и наносится с помощью экструдера.

Модели, напечатанные с использованием филамента, не требуют никакой дополнительной обработки. Сразу после печати они полностью затвердевшие и чистые.

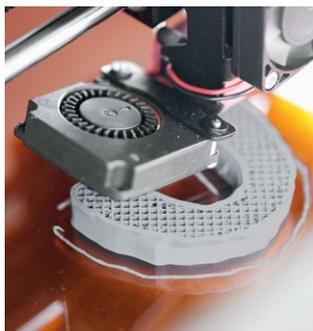


Рис. 3. Филаментная печать (процесс FDM/FFF)

Рис. 4. Готовые ортодонтические модели сразу после печати



## Полимерная печать или филаментная печать

При сравнении филаментных принтеров (процесс FDM/FFF) и полимерных принтеров (процесс SLA/DLP) становится очевидным, что оба варианта ввиду специфики использования имеют свои плюсы и минусы. Если рассматривать печать стоматологических моделей (например, для ортодонтии), то здесь налицо преимущества филаментного принтера. Для лучшего понимания преимуществ и недостатков стоит сделать обзор технологии печати, материалов и некоторых практических аспектов.

### Стоимость

Диапазон цен среди стоматологических принтеров велик. Цены варьируются от 600 до 40.000 Евро и выше. Филаментные принтеры доступны по сравнительно небольшим ценам при хорошей комплектации (например, система филаментной 3D-печати SIMPLEX от Renfert). За исключением материала, никаких текущих расходов нет. Между тем, есть и недорогие полимерные принтеры. Однако здесь добавляются расходы на устройства для очистки и светоотверждения.

- ☑ Филаментный принтер (FDM/FFF):  
недорогое приобретение и минимальные текущие расходы
- ☑ Полимерный принтер (SLA/DLP):  
более дорогая покупка и более высокие текущие расходы

### Точность

Обе технологии печати могут иметь для ортодонтии очень высокую точность, в зависимости от принтера и параметров печати. Точность полимерного принтера зависит среди прочего от выходного отверстия сопла (разрешение плоскости до 50 мкм). Сопла с малым диаметром обеспечивают очень высокие разрешение и точность. Вместе с тем, скорость печати зависит в том числе от заданной толщины слоев. Более толстые слои дают более высокую скорость при меньшем разрешении. Более тонкие слои требуют больше времени на печать, но обеспечивают лучшее разрешение.

- ☑ Филаментная печать:  
высокая точность для моделей и вспомогательных средств
- ☑ Полимерная печать:  
возможна очень высокая точность

### Материал для печати

В технологии FDM/FFF филамент нагревается в экструдере и расплавляется, через сопло наносится на печатную платформу. Существуют различные материалы для филамента. Часто филаменты состоят из PLA (polylactic acid, полилактид), который получают из возобновляемого натурального растительного сырья и который разлагается биологическим путем. При полимерной печати обрабатывается жидкая, светоотверждающая смола (полимер) – часто в поддоне для материала. При полимерной печати следует учитывать, что жидкая или частично затвердевшая смола не должна попадать в раковину или в бытовые отходы. Жидкая синтетическая смола классифицируется как опасные отходы и должна подвергаться тщательной утилизации.

- ☑ Филаменты:  
часто из возобновляемого сырья
- ☑ Полимер:  
светоотверждаемая искусственная смола, экологически небезопасная

### Дополнительная обработка

Вот где преимущества филаментного принтера очевидны. Объекты, напечатанные из полимерной смолы, необходимо подвергать постобработке: очистке изопропанолом (IPA) и светоотверждению. Сегодня есть также жидкости для очистки, не содержащие IPA, но они довольно дороги. При филаментной печати никакой доработки не требуется.

- ☑ Филаментная печать:  
никакой дополнительной обработки
- ☑ Полимерная печать:  
очистка, отверждение светом

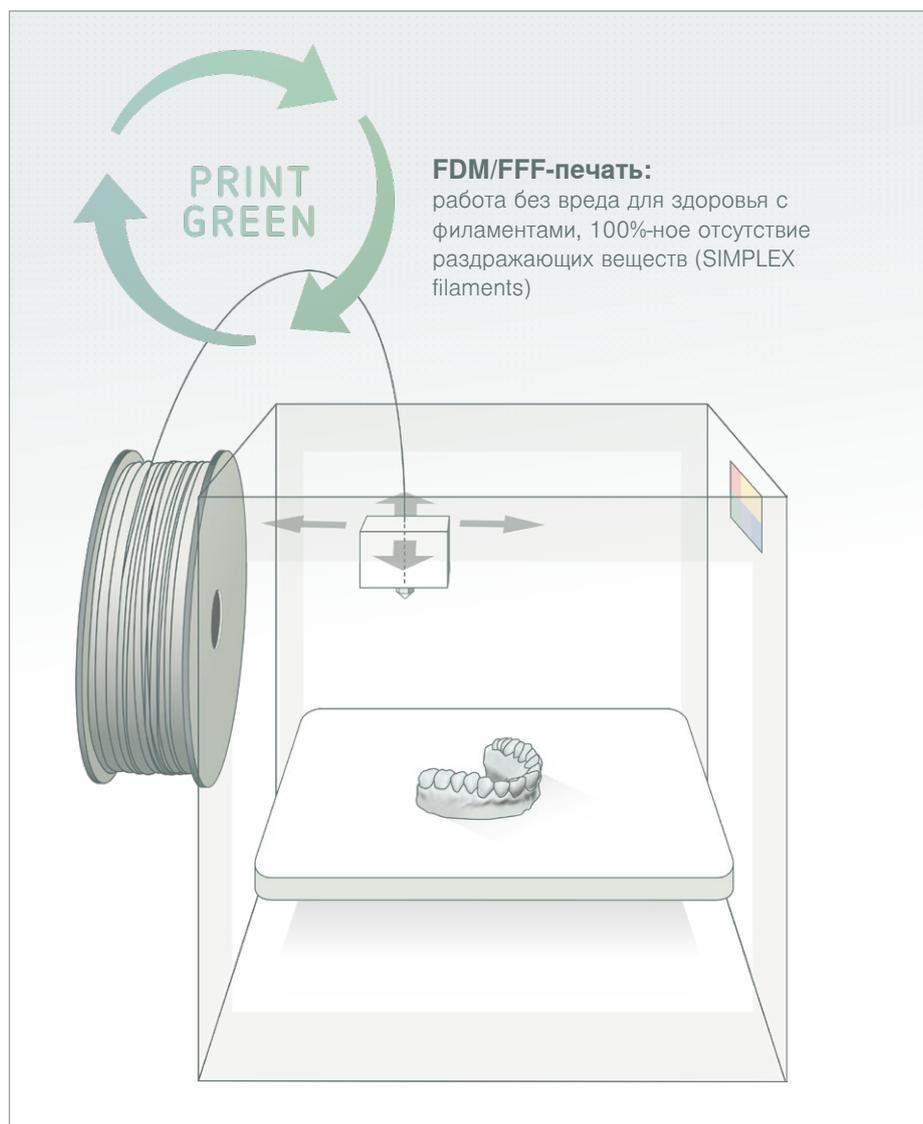


Рис. 5. Филаменты SIMPLEX:  
Из высококачественных и безопасных для здоровья материалов, специально подобранных для ортодонтических моделей.

### Запах и пары

Принтеры FDM/FFF, работающие с филаментами PLA, почти не выделяют паров. Иная ситуация с полимерными принтерами. Тут появляются запахи и вредные для здоровья пары. Поэтому рекомендуется при полимерной печати использовать средства защиты органов дыхания (защитное оснащение) и химически стойкие перчатки из нитрила. Синтетическая смола и растворители могут вызывать раздражения кожи или аллергические кожные реакции. Кроме того, напечатанные полимерные объекты очищаются изопропаноловым спиртом, здесь также выделяются пары. Напротив, при филаментной печати – в зависимости от филамента – не образуется вредных для здоровья веществ.

- ☑ Филаментная печать:  
работа без вреда для здоровья с филаментами на 100% без содержания раздражающих веществ (SIMPLEX filaments)
- ☑ Полимерная печать:  
образование неприятного, химического запаха при печати и очистке (чаще всего изопропанол). Небезопасно для здоровья.



## Филаментный принтер для ортодонтии

Филаментные принтеры, специально разработанные для стоматологии, имеют множество преимуществ, например, филаментный 3D-принтер SIMPLEX от Renfert. Говорить здесь „только“ о 3D-принтере было бы излишней скромностью. Это целая система 3D печати для ортодонтии с настроенным ПО Slicer, специальными филаментами для ортодонтических моделей и точным принтером. Всё соответствует конкретной цели использования (например, модель для изготовления элайнера). Предварительно настроенные параметры ПО обеспечивают высокий комфорт работы, интуитивное обслуживание и главное - высокую надежность процесса.

### Простое применение

Филаментный 3D-принтер SIMPLEX позволяет начать работу с технологией 3D-печати легко и комфортно. Без предварительных знаний и при этом совершенно чистая работа – без биологически вредных химикатов. К тому же напечатанные модели не требуют дополнительной обработки. Устройство простое в применении, его можно установить в любом месте, работает с низким уровнем шума и обеспечивает высокое разрешение. Высококачественные специальные филаменты соответствуют особым требованиям ортодонтии. Ошибки при использовании в отношении параметров исключены благодаря автоматическим предварительным настройкам.

- ☑ 100%-ное отсутствие раздражающих компонентов
- ☑ Не нужна полимеризация в световой печи
- ☑ Не требуется дополнительная обработка химикатами
- ☑ Экологичная и безопасная для здоровья печать

### Экологично и стабильно

Филаменты для печати на SIMPLEX имеют в составе большую долю возобновляемого сырья (например, кукурузный крахмал). Дополнительная обработка не требуется, отказ от использования химикатов т.е. никакого изопропанола. Это экологично и безопасно для здоровья. Образование вредных для здоровья паров (выбросов) в клинике или лаборатории в процессе печати исключено.

[Больше информации >  
о SIMPLEX –  
Система филамент-  
ного 3D-принтера  
специально для  
ортодонтии:](#)

**Принтер, программное обеспечение, филаменты:**  
Специально подобранная система из трех составляющих делает SIMPLEX таким простым для ортодонтии.



## Обзор рабочего процесса: филаментная печать с SIMPLEX

