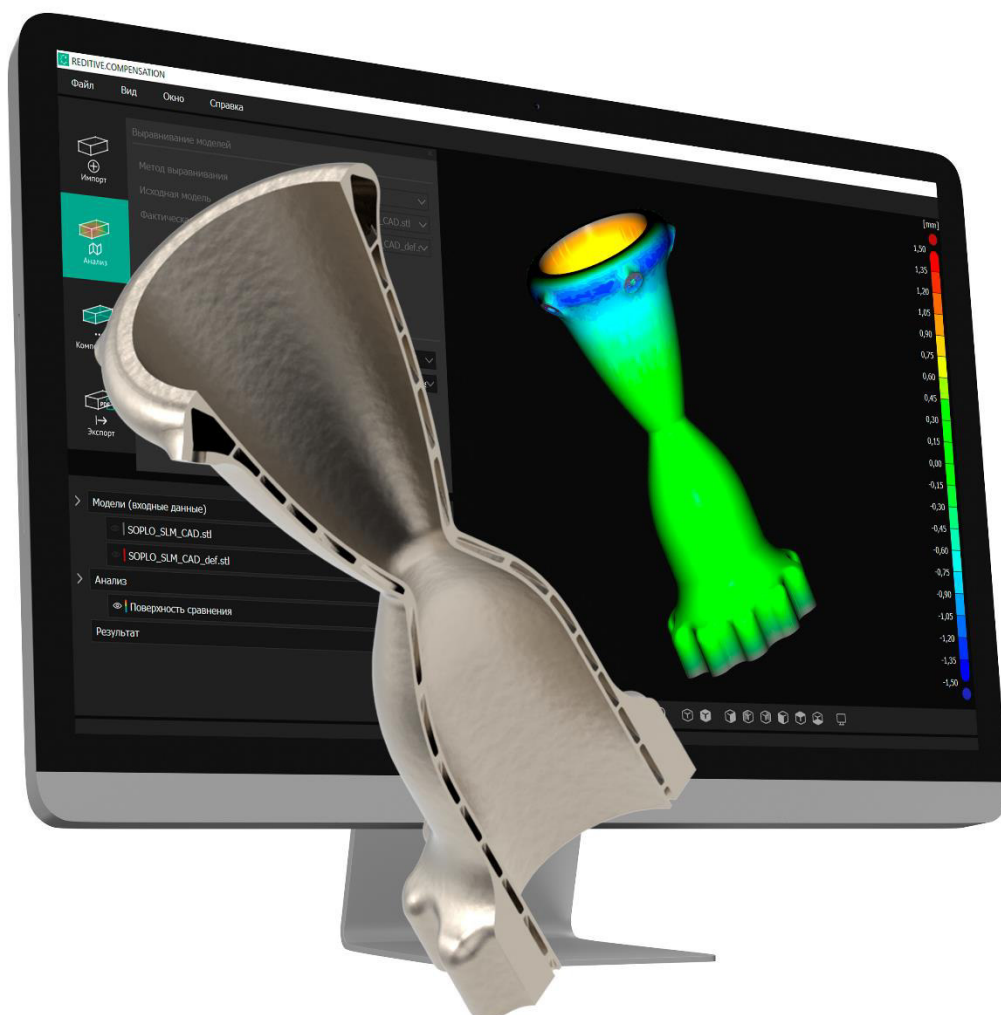


Руководство пользователя программного обеспечения **REDITIVE COMPENSATION©**



Разработчик
ООО «КБ РЭДИТИВ»

Версия ПО
Reditive Compensation© 2024.1

Содержание

1. Введение.....	3
1.1. Область применения.....	3
1.2. Краткое описание возможностей	3
1.3. Уровень подготовки пользователей	3
1.4. Системные требования к персональному компьютеру.....	3
1.5. Установка программного обеспечения	3
2. Назначение и условия применения	4
2.1. Описание метода компенсации	4
2.2. Условия применения компенсации	4
3. Подготовка к работе	7
3.1. Создание STL 3D-модели заготовки	7
3.2. Выравнивание результатов измерений заготовки	7
4. Описание операций	8
4.1. Описание выполняемых функций и обзор интерфейса.....	8
4.2. Операция «Импорт»	10
4.3. Операция «Анализ».....	11
4.4. Операция «Компенсация»	12
4.5. Операция «Экспорт».....	13

1. Введение

1.1. Область применения

Программное обеспечение (далее, ПО) Reditive Compensation© используется в конструкторско-технологической подготовке аддитивного производства.

1.2. Краткое описание возможностей

ПО предназначено для увеличения геометрической точности заготовок, изготовленных различными методами 3D-печати. Для этого используется специальный метод компенсации, который заключается в автоматической деформации и последующей обратной деформации (предеформации) 3D-моделей в соответствии с результатами 3D-измерений отклонений изготовленных заготовок.

1.3. Уровень подготовки пользователей

Пользователь должен иметь навыки работы с персональным компьютером, ОС Windows© 10, а также системами автоматизированного проектирования или технологической подготовки (САПР / CAD, CAM).

1.4. Системные требования к персональному компьютеру

Минимальные требования: 64-разрядная ОС Windows© 10, 4-х ядерный центральный процессор с максимальной тактовой частотой 3 ГГц, объем оперативной памяти (RAM) 16 гигабайт, объем памяти видеокарты (VRAM) 4 гигабайта.

Рекомендуемые требования: 64-разрядная ОС Windows© 10, 8-ми ядерный центральный процессор с максимальной тактовой частотой 4 ГГц, объем оперативной памяти (RAM) 64 гигабайта, объем памяти видеокарты (VRAM) 16 гигабайт.

1.5. Установка программного обеспечения

Основные этапы установки ПО указаны в *Инструкции по установке программного обеспечения Reditive Compensation©*. Для управления файлом-лицензии и активации ПО используется система Guardant© (АО «Актив-Софт»).

2. Назначение и условия применения

2.1. Описание метода компенсации

Компенсация технологических деформаций является самым эффективным методом увеличения точности 3D-печати. Основная идея метода заключается в том, чтобы использовать технологические деформации для смещения профиля заготовки в процессе 3D-печати до идеальной, требуемой формы. Для этого необходимо создать и изготовить компенсированную (предварительно деформированную) заготовку.

Создание компенсированной модели в Reditive Compensation© выполняется в несколько этапов (Рисунок 2.1.1): импорт исходных данных, анализ отклонений, компенсация и экспорт. В качестве исходных данных используется 3D-модель заготовки, а также результаты 3D-измерений отклонений, которые появились в процессе 3D-печати заготовки. После создания компенсированной модели ее необходимо изготовить с аналогичными технологическими параметрами, которые использовались при 3D-печати исходной заготовки.



Рисунок 2.1.1 Этапы компенсации технологических деформаций в ПО Reditive Compensation©

2.2. Условия применения компенсации

Компенсация технологических деформаций в Reditive Compensation© не вызывает технических сложностей и особых условий применения, благодаря интуитивно понятному интерфейсу, отработанной математической модели и ее программной реализации. Используемые настройки и параметры алгоритмов

предустановлены разработчиком и обеспечивают высокое качество компенсации. Их изменение *не рекомендуется*.

При этом на точность и результативность компенсации в большей степени влияют следующие факторы:

- Повторяемость и стабильность технологического процесса 3D-печати и последующей обработки;
- Качество исходных данных.

С точки зрения технологических факторов необходимо обеспечить высокую повторяемость технологического процесса, т.е. идентичность полей и величины технологических деформаций исходной заготовки / заготовок без компенсации и после компенсации. На это влияют следующие параметры:

- Отсутствие технологических дефектов в процессе 3D-печати, включая разрушение заготовки и поддерживающих структур;
- Расположение заготовки в камере построения, тип и параметры поддерживающих структур;
- Количество заготовок;
- Модель установки аддитивного производства;
- Технологические параметры 3D-печати;
- Качество, состав и свойства материала 3D-печати;
- Параметры и последовательность последующих технологических операций (термическая и механическая обработка).

Таким образом, высокая точность компенсации гарантируется только в том случае, если в проекте 3D-печати исходной и компенсированной заготовки:

- Технологический процесс 3D-печати происходит без дефектов;
- 3D-модели заготовок ориентированы и расположены идентичным образом, общее количество заготовок и дополнительных образцов, а также конструкция их поддерживающих структур совпадает;

- Они изготавливаются на идентичных установках аддитивного производства, материалах, технологических параметрах 3D-печати и последующих операций.

С точки зрения качества исходных данных, загружаемая 3D-модель заготовки должна быть достаточно детализированной с плотным и равномерным распределением фасетов. Результаты 3D-измерений отклонений должны быть получены на исправном, откалиброванном и высокоточном оборудовании для контроля геометрии (3D-сканер или компьютерный томограф). Полученные измерения и соответствующая им 3D-модель должны полностью описывать заготовку, т.е. данные измерений доступны не менее чем на 95% поверхности заготовки, включая зоны максимальных деформаций. STL 3D-модель, полученная по результатам измерений заготовки, должна быть без дефектов, включая неправильное направление нормалей фасетов, наложение / пересечение фасетов и другие.

3. Подготовка к работе

3.1. Создание STL 3D-модели заготовки

В зависимости от вида исходной 3D-модели заготовки, результаты и эффективность компенсации будут отличаться. Это обусловлено влиянием плотности и регулярности фасетов STL 3D-модели заготовки на количество данных при анализе отклонений, которые в последующем используются при компенсации.

Наиболее точные результаты анализа отклонений и компенсации получаются при импорте 3D-моделей с достаточно плотным и однородным строением фасетов (Рисунок 3.1.1в). В соответствии с данными рекомендациями необходимо подбирать соответствующие параметры при экспорте STL 3D-моделей из CAD/CAM систем.

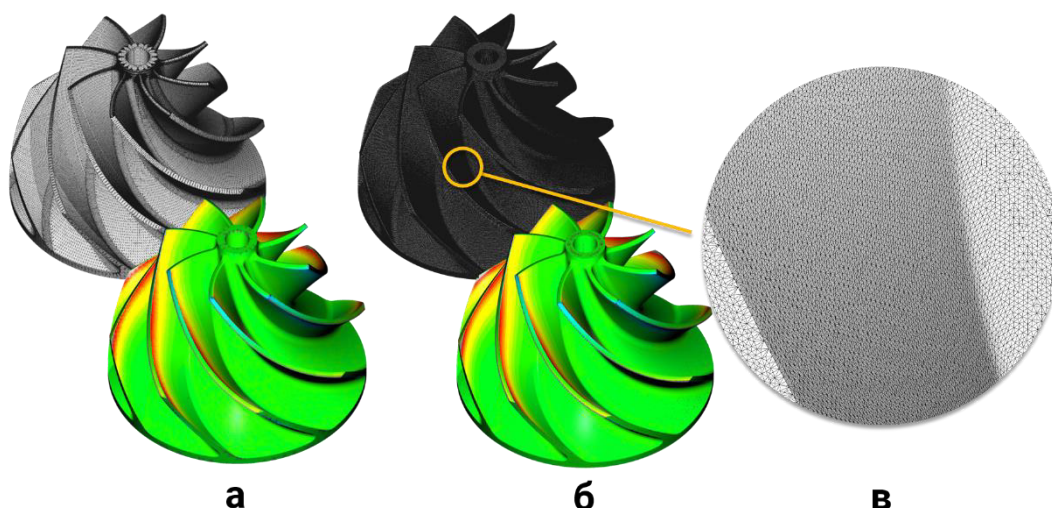


Рисунок 3.1.1 Влияние плотности и структуры фасетов STL модели заготовки на анализ отклонений

3.2. Выравнивание результатов измерений заготовки

Результаты 3D-измерений также импортируются в формате STL, с предварительным выравниванием 3D-модели в соответствии с технологическими базами. Также возможно выравнивание по наилучшему схождению в интерфейсе *Reditive Compensation©* в операции *Анализ*. В зависимости от выбранного метода выравнивания результаты анализа отклонений и компенсации в *Reditive Compensation©* будут отличаться.

4. Описание операций

4.1. Описание выполняемых функций и обзор интерфейса

ПО Reditive Compensation© имеет стандартный вид приложения ОС Windows©. Основные элементы интерфейса приведены в Рис.4.1.1, где выделены:

- Пункт 1 – Основное меню (вкладки *Файл, Вид, Окно, Справка*);
- Пункт 2 – Меню операций для создания компенсированной модели (вкладки *Импорт, Анализ, Компенсация, Экспорт*);
- Пункт 3 – Окно с параметрами операции;
- Пункт 4 – Окно с подсказками к операции;
- Пункт 5 – Окно навигации (*Модели, Анализ, Результат*);
- Пункт 6 – Графическое окно;
- Пункт 7 – Инструменты управления видом 3D-модели;
- Пункт 8 – Вкладка отображения окон 2, 3 (*Мастер модель*) и окна 5 (*Навигация*), которая активируется нажатием ПКМ в области основного меню.

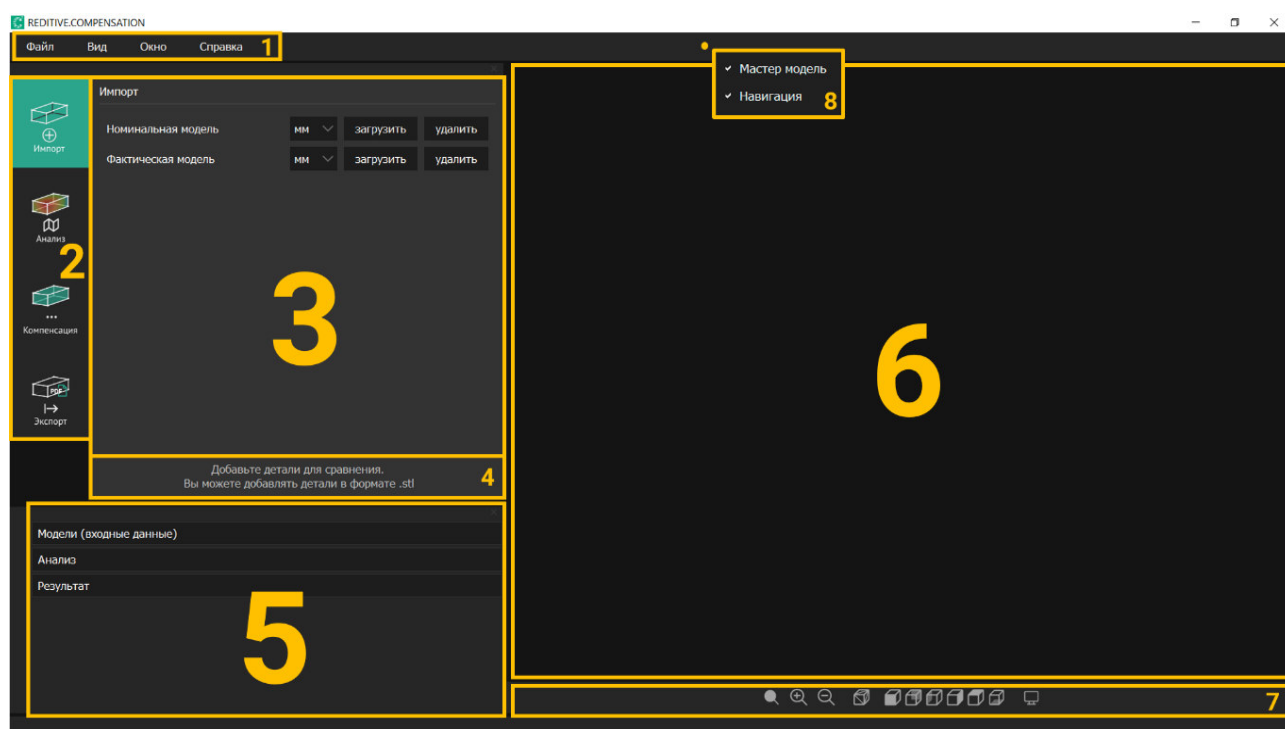


Рис. 4.1.1 Интерфейс ПО Reditive Compensation©

Основное меню разделено на несколько вкладок с инструментами (Рис. 4.1.2):

- Вкладка *Файл* с инструментами *Импорт*, *Экспорт*, *Новый проект* и *Выход*;
- Вкладка *Вид* управляет видом 3D-модели в графическом окне. 3D-модель можно *Отдалить*, *Приблизить*, *Масштабировать во весь экран*, а также *Выбрать ракурс* (Спереди, Сзади, Справа, Слева, Сверху, Снизу);
- Вкладка *Окно* позволяет изменить *Цвет фона* (Черный, Белый, Темно-серый, Светло-серый), *Язык* интерфейса программы (Русский, English), а также сделать *Скриншот*, т.е. снимок графического окна с 3D-моделью, который затем сохраняется в PNG формат.
- В вкладке *Справка* представлена основная информация о ПО и включает *Руководство пользователя*, *Лицензионное соглашение* и *Ссылку на сайт разработчика*.

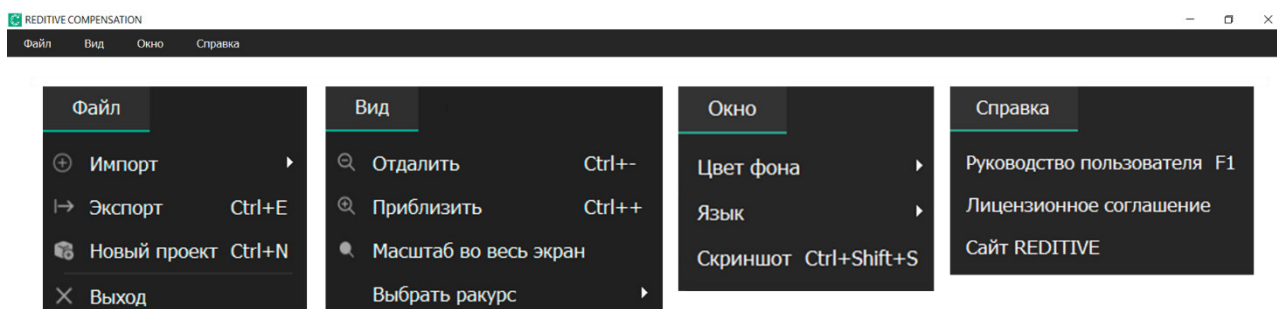


Рис. 4.1.2 Инструменты основного меню

Создание компенсированной 3D-модели происходит поэтапно, при помощи операций *Импорт*, *Анализ*, *Компенсация*, *Экспорт* (Рис.4.1.1, Пункт 2). В операции *Импорт* (**Раздел 4.2**) происходит загрузка входных данных, *Анализ* (**Раздел 4.3**) – создание карты отклонений, *Компенсация* (**Раздел 4.4**) – создание деформированной и компенсированной модели, *Экспорт* (**Раздел 4.5**) – выгрузка созданных 3D-моделей.

Импортированные и созданные 3D-модели отображаются в графическом окне (Рис.4.1.3). Для каждого типа моделей зарезервированы уникальные цвета: номинальная – белый; фактическая – красный; деформированная – желтый; предеформированная – зеленый. Управление видом 3D-модели реализуется через

вкладку *Вид* в Основном меню, или специальными инструментами в нижней части графического окна (Рис. 4.1.3): Пункт 1, слева на право – *Во весь экран, Увеличить, Уменьшить*, Пункт 2 – *Показать фасеты, Скрыть фасеты*, Пункт 3 – *Вид спереди, Вид сзади, Вид справа, Вид слева, Вид сверху, Вид снизу*, Пункт 4 – *Скриншот*.



Рис. 4.1.3 Графическое окно и инструменты управления видом 3D-модели

При необходимости, окно с операциями и их параметрами (Рис. 4.1.1, Пункт 2 и 3), а также окно навигации (Рис. 4.1.1, Пункт 5) можно закрыть нажатием ЛКМ по иконке «крест» в правом верхнем углу. Открываются данные окна при помощи вкладки отображения окон (Рис. 4.1.1, Пункт 8), которая активируется нажатием ПКМ в области основного меню.

4.2. Операция «Импорт»

Первый этап работы по компенсации состоит в импорте исходных данных (Рис.4.2.1, Пункт 1). Для этого в поле *Номинальная модель* и *Фактическая модель* необходимо выбрать единицы измерения (Пункт 2.1) и путь к файлу (Пункт 2.2) в формате STL. В случае ошибочного выбора модели или единиц измерения, загруженные данные можно удалить (Пункт 2.3).

В поле *Номинальная модель* загружается модель заготовки, которая была создана в CAD или CAM системах. В поле *Фактическая модель* загружаются

результаты оптического 3D-сканирования или компьютерной томографии, преобразованные в фасетный формат данных STL.

После импорта входных данных в окне *Навигации* появляются ярлыки моделей (Рис. 4.2.1, Пункт 3.1), где отображены статус видимости (Пункт 4.1), цвет отображения (Пункт 4.2) и название (Пункт 4.3).

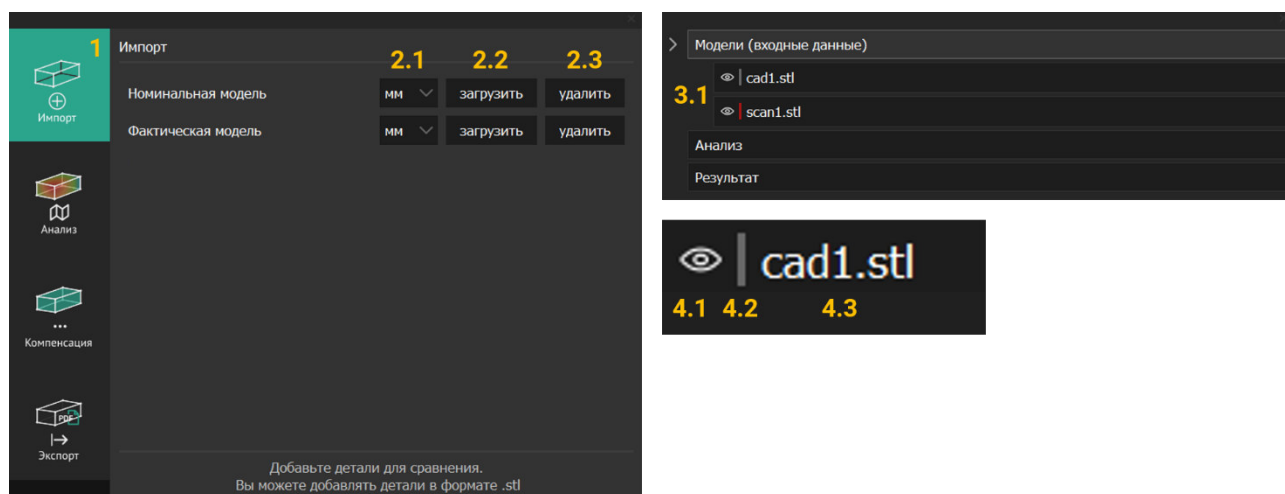


Рис. 4.2.1 Окно операции Импорт

4.3. Операция «Анализ»

Для перехода к настройкам операции *Анализ* в *Меню операций* необходимо нажать ЛКМ по соответствующей иконке (Рис.4.3.1, Пункт 1), после чего можно загрузить и выровнять исходную и фактическую модель (Рис.4.3.1, Пункт 2.1 - 2.5). Затем, необходимо задать параметры анализа отклонений: *Номинальная модель* (Пункт 3.1), *Фактическая модель* (Пункт 3.2), *Максимальное отклонение* (Пункт 3.3), *Угол отклонения нормалей* (Пункт 3.4).

Для вычисления карты отклонений необходимо нажать кнопку *Создать* (Пункт 3.5). По завершении операции *Анализ* в окне *Навигации* появится ярлык *Поверхность сравнения* (Пункт 4), а в *Графическом окне* – цветовая карта отклонений с легендой значений (Пункт 5.1). Для изменения значения максимума и минимума необходимо изменить значение поле максимума (Пункт 5.2), для изменения значения только минимума необходимо изменить значение поле минимума (Пункт 5.3). Удалить результаты анализа отклонений можно при помощи кнопки *Сброс* (Пункт 3.6).

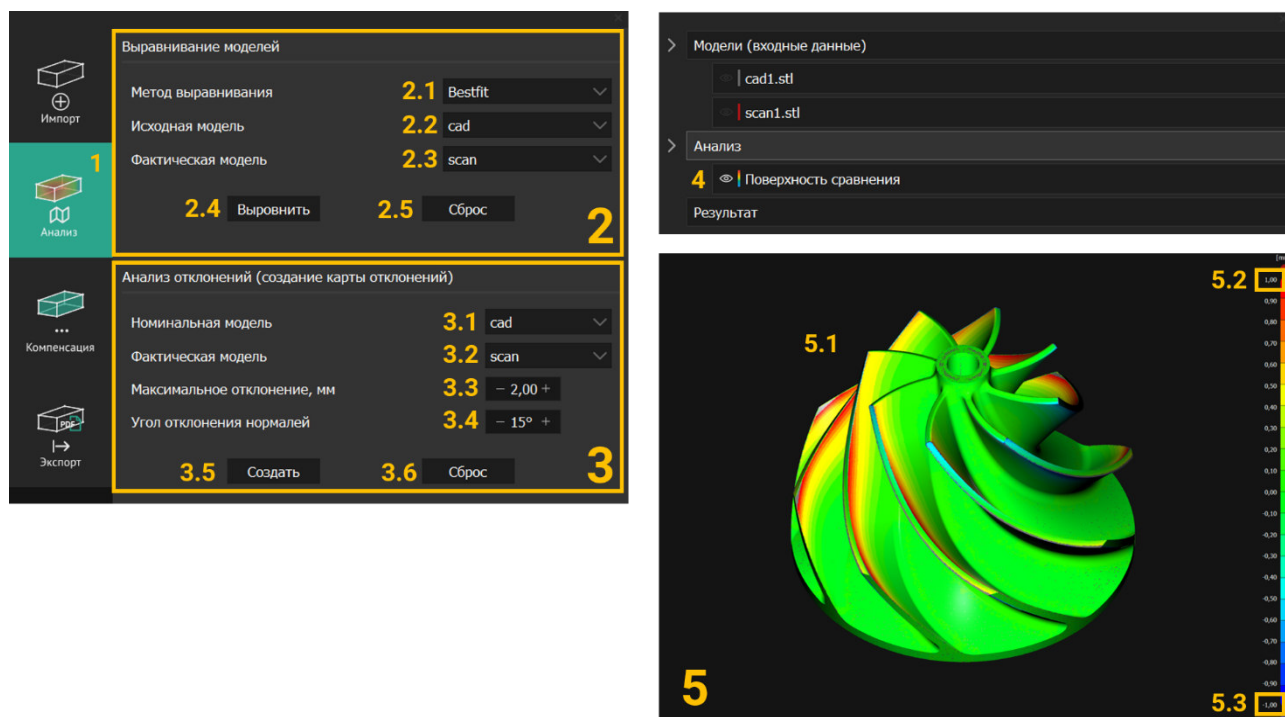


Рис. 4.3.1 Окно операции Анализ

4.4. Операция «Компенсация»

Для перехода к настройкам операции *Компенсация* в *Меню операций* необходимо нажать ЛКМ по соответствующей иконке (Рис.4.4.1, Пункт 1), после чего задать параметры компенсации: *Модель для предеформации* (Пункт 2.1), *На основе отклонений* (Пункт 2.2), *Дискретизация* (Пункт 2.3, значения – *Нет*, *Грубо*, *Средне*, *Подробно*, *Пользовательская*), *Количество точек* (Пункт 2.4, в случае выбора в Пункте 2.3 значения *Пользовательская*), *Деформация* (Пункт 3.1, значения – *Мягко*, *Нормально*, *Жестко*).

Для создания деформированной модели необходимо нажать кнопку *Рассчитать* (Пункт 3.2). Для создания предеформированной модели необходимо нажать кнопку *Создать* (Пункт 4.2). При необходимости можно задать *Коэффициент предеформации* (Пункт 4.1, значение по умолчанию – 1).

По завершении операции *Компенсация* в окне *Навигации* появится ярлык *Деформированной* и *Предеформированной* модели (Пункт 5.1 и 5.2), а в *Графическом окне* – их отображение с соответствующими цветами.

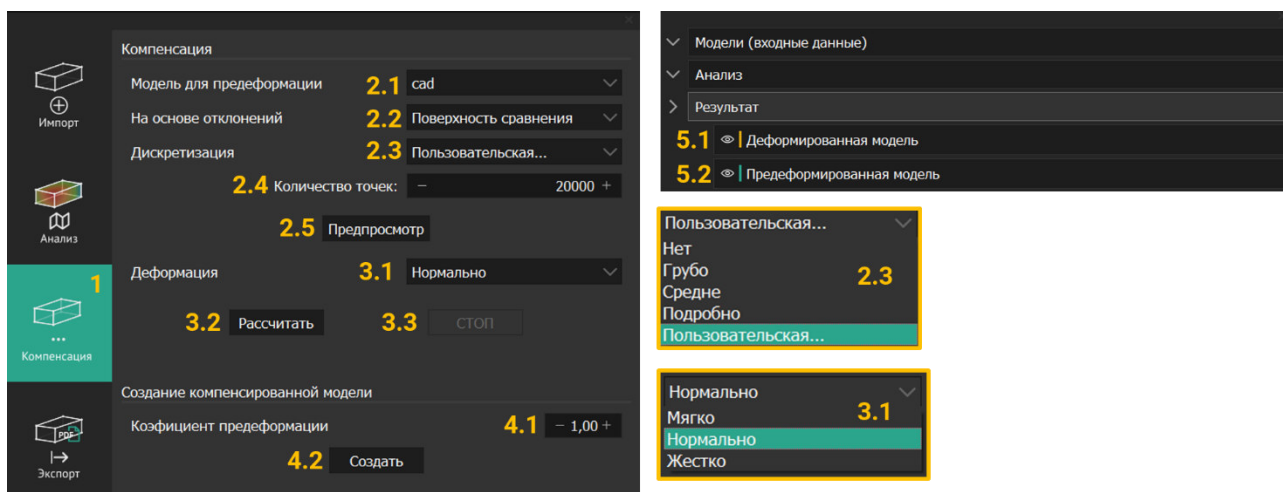


Рис. 4.4.1 Окно операции Компенсация

4.5. Операция «Экспорт»

Для экспорта созданных ранее деформированной или предеформированной модели в *Меню операций* необходимо нажать ЛКМ по соответствующей иконке (Рис.4.5.1, Пункт 1), после чего выбрать модель (Пункт 2) и нажать кнопку *Экспорт* (Пункт 3).

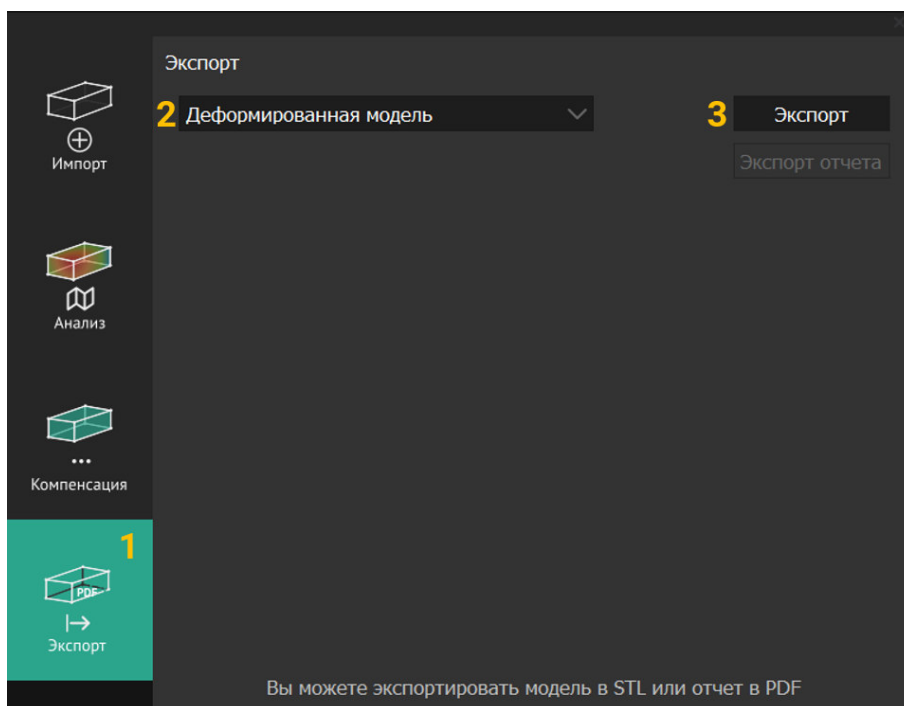


Рис. 4.5.1 Окно операции Экспорт