

1.4. ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И ОБЪЕДИНЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель лекции: изучение методов обратного инжиниринга и объединенного моделирования.

В процессе работы над 3D-моделью изделия может возникнуть необходимость использовать уже существующие наработки – например, модели ранее уже произведенных деталей. При этом проблемой может являться отсутствие для данной детали КД в каком-либо виде, пригодном для построения модели на ее основе. В случае, когда присутствует исключительно физическая деталь, а документация на нее отсутствует либо утрачена, возможно применить методы обратного инжиниринга (англ. Reverse Engineering) и восстановить аналитическую геометрию 3D-модели детали. Для этого предварительно выполняется сканирование существующей физической детали в 3D с получением в результате сканирования сеточной (фасетной) модели как основы для обратного инжиниринга.

Процесс восстановления модели в этом случае предусматривает следующие операции (см. рис. 1.19):

- импорт и восстановление фасетной геометрии;
- анализ импортированной фасетной геометрии;
- преобразование в аналитические поверхности;
- обрезка, продление и сшивание, чтобы создать твердое тело;
- модификация твердотельной геометрии;
- добавление детальной геометрии.

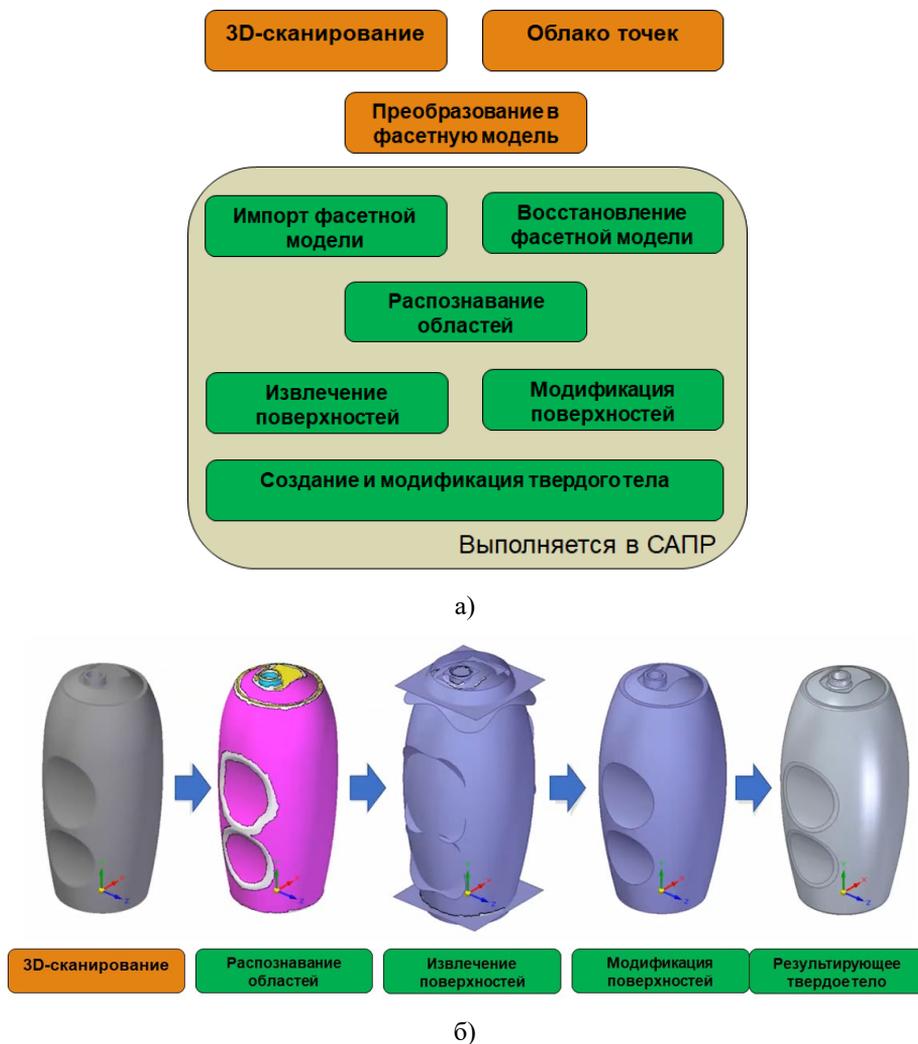


Рис. 1.19. Процесс восстановления аналитической геометрии методом обратного инжиниринга: последовательность этапов (а); пример восстановления 3D-модели (б)

Восстановленную таким образом модель можно использовать, например, для проведения инженерного анализа конструкций, подготовки чертежной документации, отправки на аддитивное производство и т.д. (см. рис. 1.20).

Процесс восстановления начинается с импорта сеточной (фасетной) модели в формате STL. Необходимо отметить, что исходная сетка импортированной модели может не быть оптимальной по размеру, однородности фасетов, а также нести ряд дефектов и ошибок геометрии. В современных САПР существует ряд инструментов, позволяющих исправить сеточную геометрию. Рассмотрим некоторые из них на примере САПР Solid Edge.

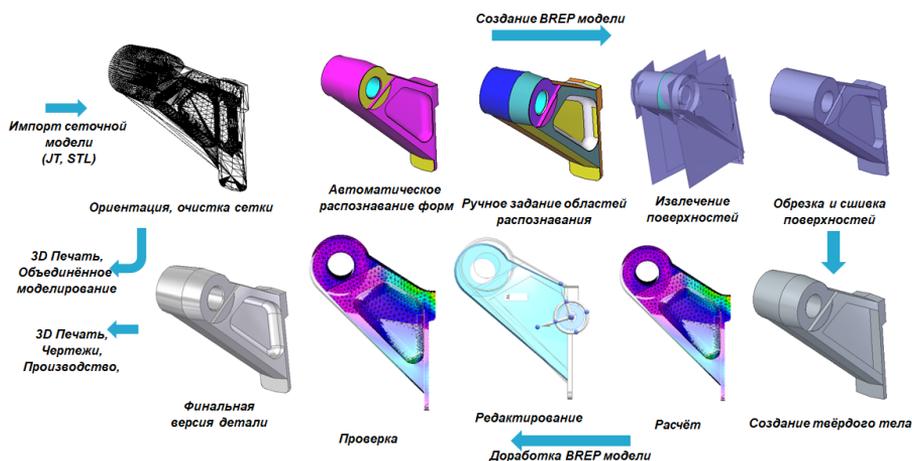


Рис. 1.20. Создание и последующее применение восстановленной методом обратного инжиниринга 3D-модели

В первую очередь, необходимо сгладить сетку, которая изначально может быть слишком грубой, с помощью команды «Сгладить сетку». Выбирается область сглаживания, задается коэффициент гладкости (1-100) и количество итераций (до 1000), полученный результат можно оценить на рис. 1.21.

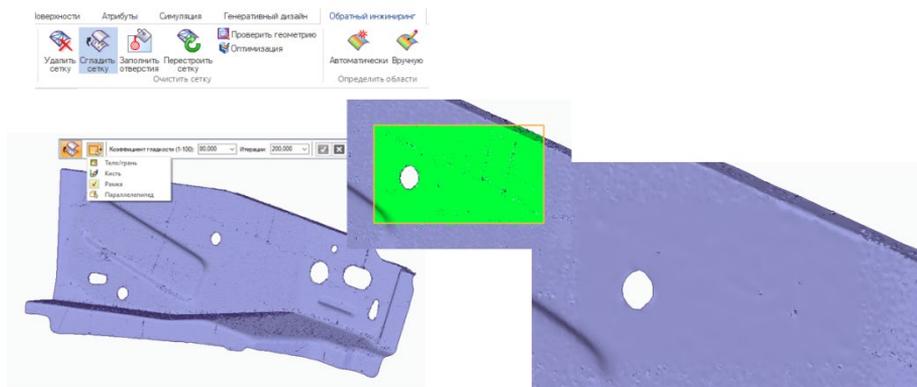


Рис. 1.21. Результат сглаживания сетки

Также возможно перестроить размер элементов сетки (фасетов) с помощью команды «Перестроить сетку». У данной команды есть три основных параметра. «Целевой размер» представляет собой вычисленный средний размер граней у выбранных тел. По умолчанию минимальный размер равен 50% от целевого размера, а допуск по хорде – 10%. Эти значения малы для слишком густой сетки (в случае отсканированных моделей), и очень большие для разреженной сетки (в случае моделей, созданных в конструкторской САПР). При увеличении значения увеличивается размер фасета, и сетка упрощается; при

уменьшении значения уменьшается размер фасета, и сетка становится более плотной и однородной.

«Минимальный размер» задает наименьшую предельную длину фасетных ребер в сетке. Уменьшение минимального размера поверхности обеспечивает более густую сетку при ее регенерации на сложных конструктивных элементах.

«Допуск по хорде» задает максимальное отклонение по хорде для областей с большой кривизной.

Результат перестроения показан на рис. 1.22.

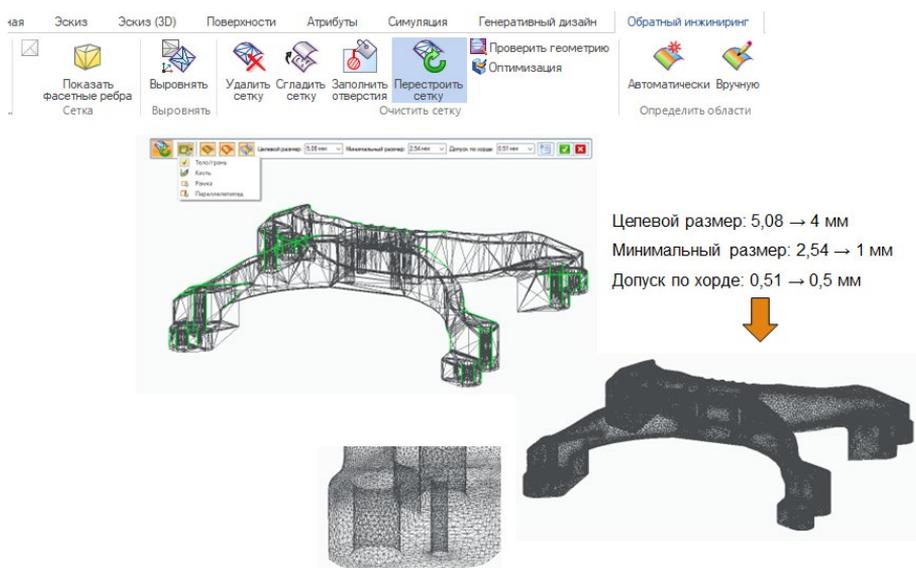


Рис. 1.22. Результат перестроения размера сетки

Размер сетки существенно влияет на последующее автоматическое распознавание областей. С более однородной сеткой вероятность успешного распознавания поверхностей повышается, что продемонстрировано ниже на рис. 1.23. После перестроения сетки плоские (желтые) и цилиндрические (бирюзовые) грани были успешно распознаны, чего не произошло для сетки с исходным размером фасетов.

Как уже отмечалось выше, важно также устранять дефекты и ошибки геометрии. Команда «Проверить геометрию» с опцией «Все фасетные модели» может указать проблемные места в модели и автоматически исправить их (см. рис. 1.24).

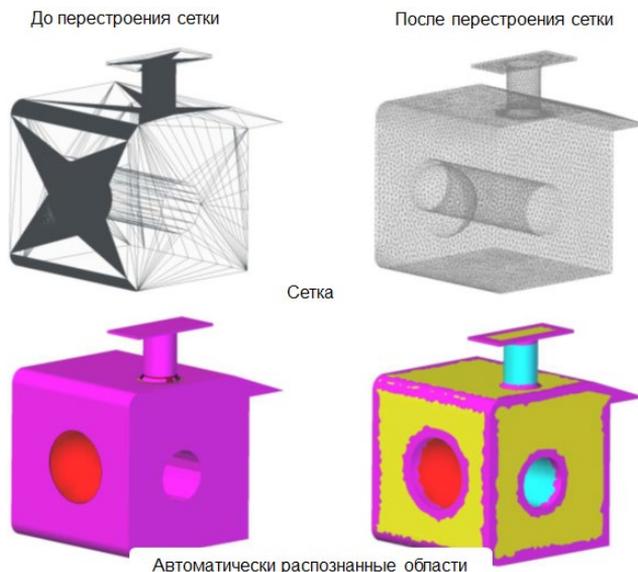


Рис. 1.23. Результат автоматического распознавания областей при различной организации сетки

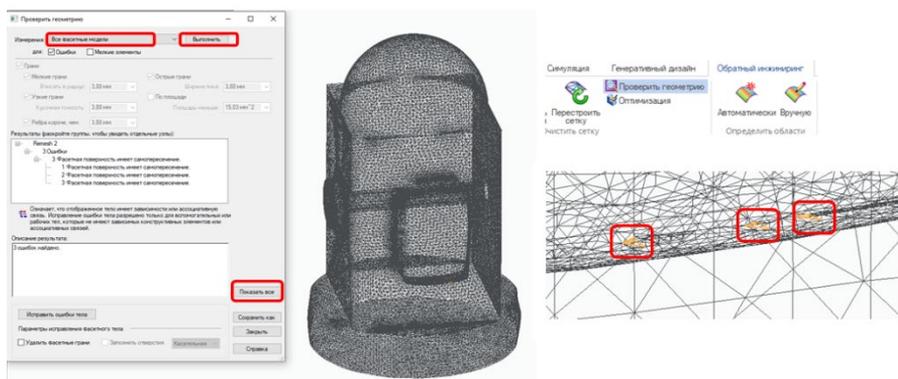
Чтобы эффективно работать с геометрией, необходимо правильно ориентировать геометрию модели относительно ее системы координат. Возможность управлять ориентацией предоставляет команда «Выровнять» с несколькими опциями:

- использовать главные оси;
- использовать оптимальный ограничивающий параллелепипед;
- использовать задаваемый ограничивающий параллелепипед;
- использовать ссылочную геометрию.

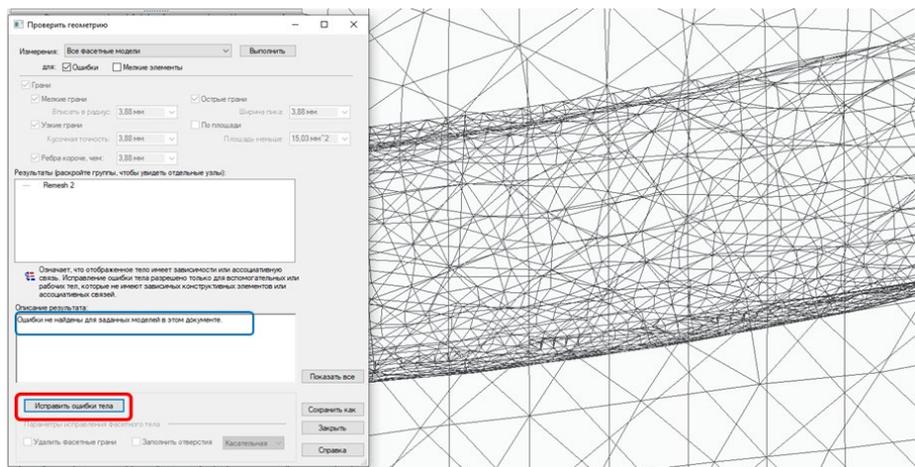
Работа данной команды проиллюстрирована на рис. 1.25.

Опция рис. 1.25, в (Использовать задаваемый ограничивающий параллелепипед) обеспечивает наилучшие результаты с точки зрения выравнивания базовых осей системы координат, но требует предварительного распознавания геометрии. В примере систему координат можно в этом случае ориентировать вдоль распознанной плоскости, что дает удобство последующего редактирования геометрии.

Если часть геометрии модели не нужна, ее можно удалить с помощью команды «Удалить сетку». Выделение фасетных граней для последующего удаления можно с помощью 2D-прямоугольника, 3D параллелепипеда или интерактивно (кистью). Результаты применения двух методов представлены на рис. 1.26.



а)



б)

Рис. 1.24. Работа команды «Проверить геометрию»: поиск проблемной геометрии модели (а); автоматическое исправление ошибок тела (б)

Удаленную геометрию возможно заполнить с помощью команды «Заполнить отверстия» (см. рис. 1.27), выбрав тип заполнения:

- касательно,
- линейно,
- кривизна,
- сгущение.

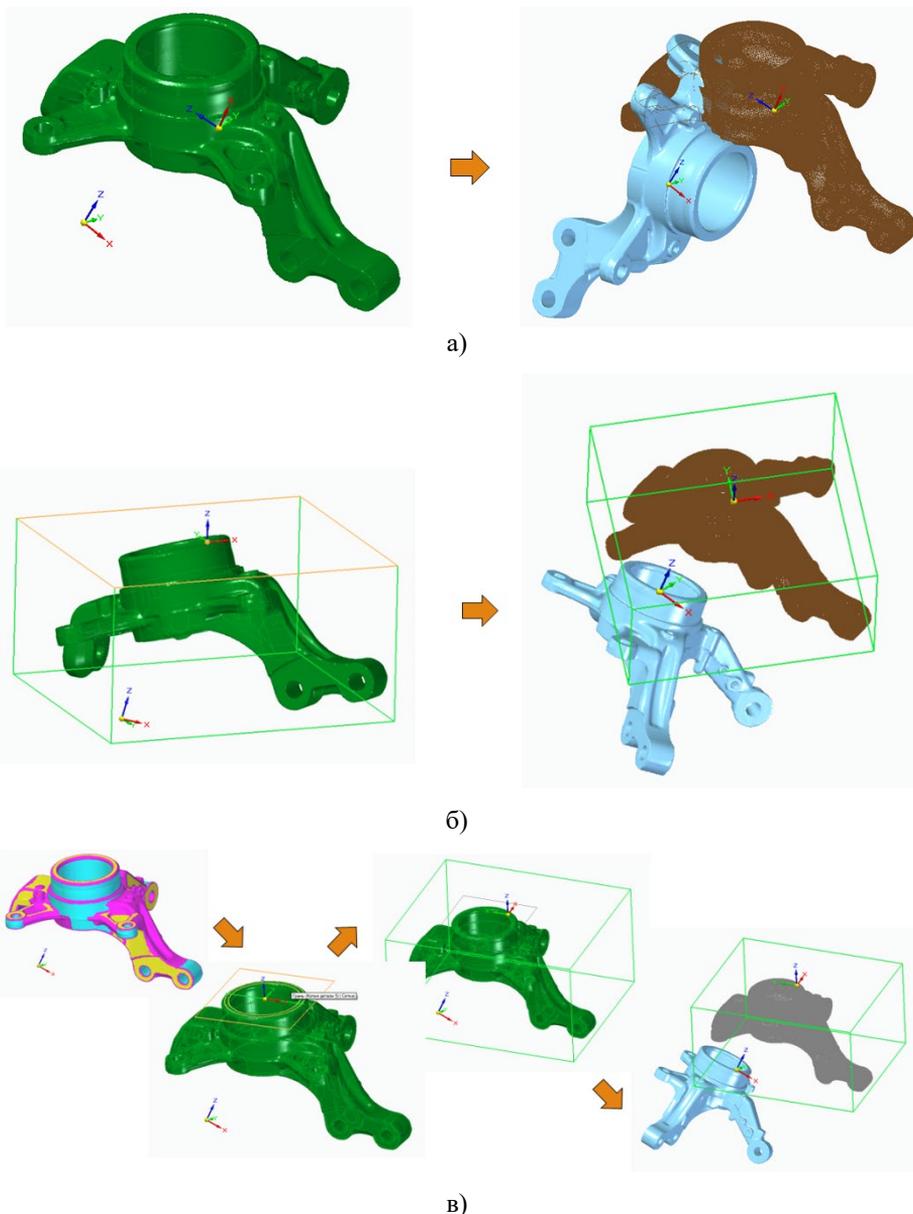


Рис. 1.25. Результат применения различных опций команды «Выровнять»: опция «Использовать главные оси» (а); опция «Использовать оптимальный ограничивающий параллелепипед» (б); опция «Использовать задаваемый ограничивающий параллелепипед» (в)

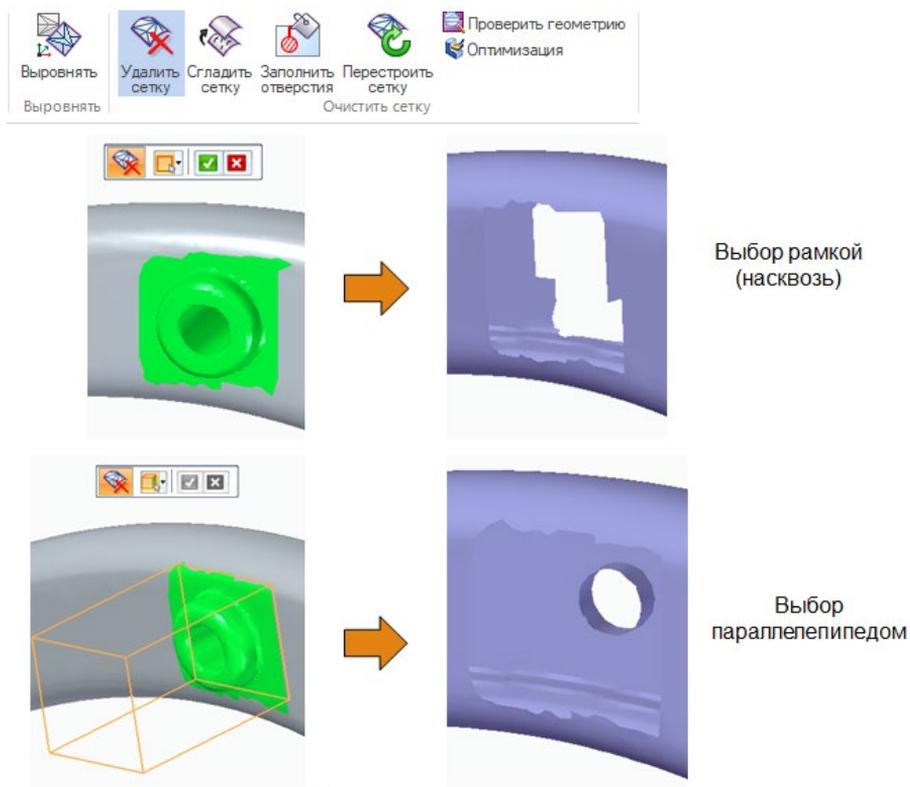


Рис. 1.26. Результаты удаления фасетных граней при выборе рамкой и параллелепипедом.

Закончив подготовку геометрии, возможно приступить к распознаванию аналитической геометрии (регионов фасетной модели). Существует возможность выделения плоскостей, цилиндров, сфер и в-сплайнов. Каждому типу аналитического объекта соответствует свой цвет:

- жёлтый – плоскости;
- голубой – цилиндры;
- красный – сферы;
- синий – конусы;
- пурпурный – В-сплайны.

Автоматическое выделение выполняется при помощи команды «Автоматически» (см. рис. 1.28).

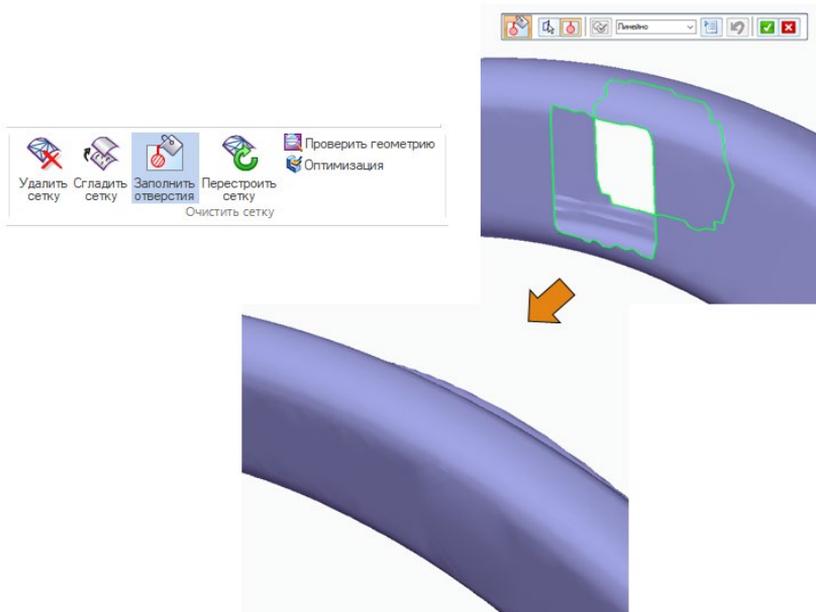


Рис. 1.27. Заполнение отверстий после удаления геометрии

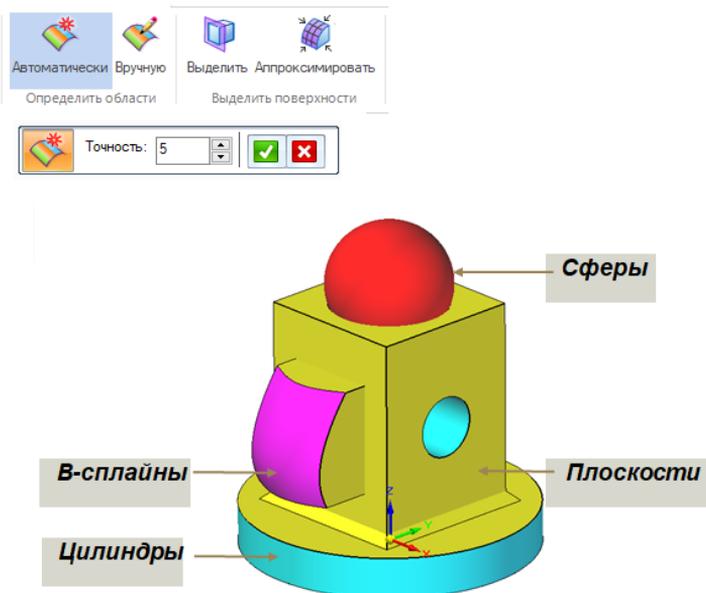


Рис. 1.28. Автоматическое выделение аналитической геометрии

Геометрию также можно выделить вручную с помощью команды «Вручную» (см. рис. 1.29), закрасив регион кистью либо заливкой выбранного цвета. Белый цвет отвечает за области, исключаемые из распознавания (например, фаски и скругления). Эти элементы можно сформировать в модели позднее. Регионы создаются под каждый цвет. Смежные регионы с одинаковым цветом объединяются.

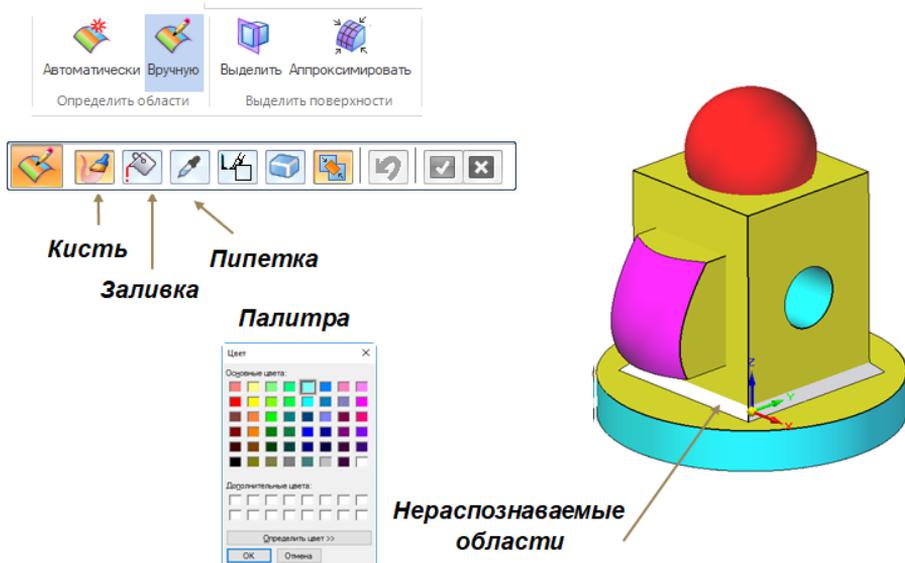


Рис. 1.29. Ручное выделение областей распознавания

Распознавание геометрии происходит при помощи команды «Выделить», которая считывает цвет области и распознаёт поверхности (рис. 1.30). Выбранные поверхности можно также удалить.

Если области не распознаны, либо окрашены в цвета, отличные от жёлтого, голубого, красного или пурпурного, можно воспользоваться командой «Аппроксимировать», чтобы вписать плоскость, сферу, конус или b-сплайн в выбранную область (рис. 1.31). Также эту команду можно использовать для удаления уже распознанных поверхностей.

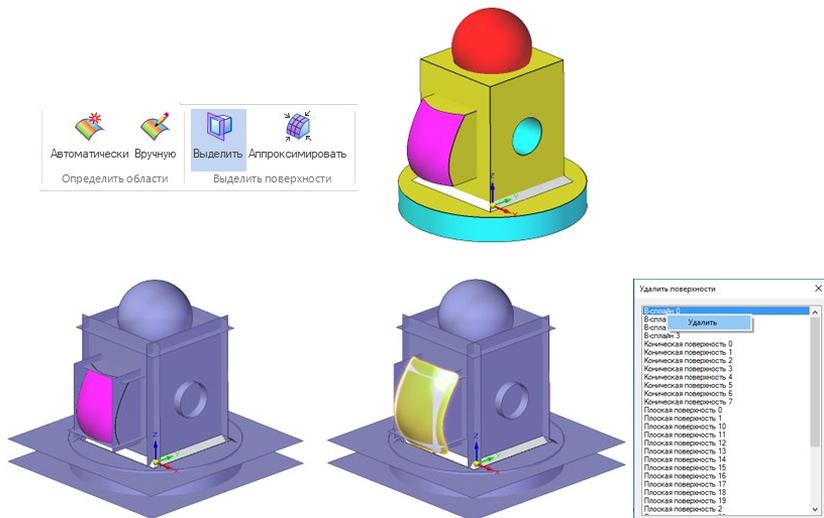


Рис. 1.30. Распознавание аналитических поверхностей с помощью команды «Выделить»

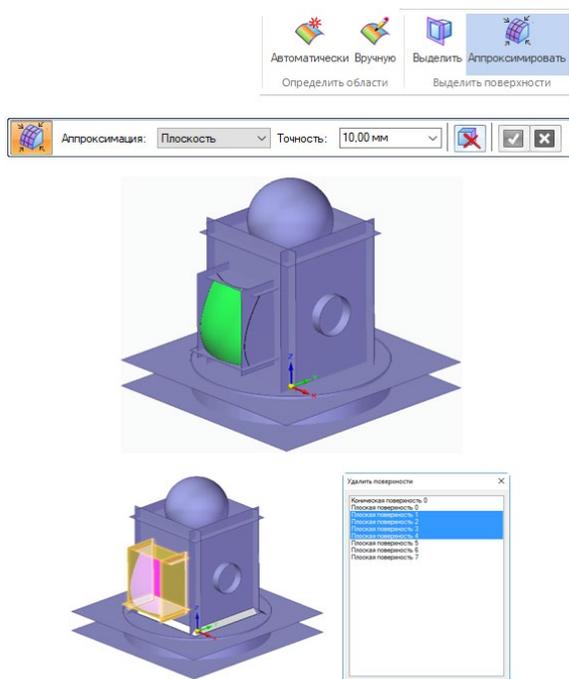


Рис. 1.31. Распознавание аналитических поверхностей с помощью команды «Аппроксимировать»

Далее наступает этап редактирования поверхностей, так как результатом предшествующего этапа является несшитая геометрия с произвольным размером граней и расположением границ. Таким образом, грани необходимо продлевать/обрезать, сшивать с помощью команд группы «Изменить поверхность»:

- поверхность пересечения;
- усечь;
- продлить;
- сшить;
- преобразовать в рабочее тело.

Пример такого редактирования представлен на рис. 1.32.

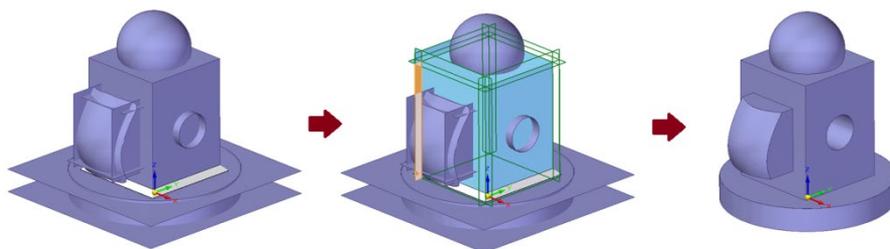


Рис. 1.32. Редактирование распознанной геометрии в целях получения сшитого рабочего тела

В результате получается аналитическая твердотельная (BREP) модель, которую возможно далее использовать в процессе проектирования без каких-либо ограничений.

Обратный инжиниринг является составляющей технологии объединенного моделирования (англ. Convergent Modeling), дающей возможность моделирования с использованием фасетных и твердотельных элементов в составе одной модели с помощью универсальных инструментов моделирования. При этом существует возможность редактировать фасетную геометрию, конвертировать обычную модель в фасетный формат для использования в операциях с фасетами, использовать фасетную геометрию (полученную, например, из STL-файла) как основу для проектирования изделия. Это даёт возможность добавлять / удалять геометрию из фасетных моделей, использовать существующие модели для булевых операций с фасетными телами. Фасетные модели можно использовать в сборках и чертежах.

Объединенное моделирование постоянно развивается, благодаря чему грань различия в представлении, редактировании и применяемом инструментарии между твердотельными и фасетными моделями постепенно стирается. Так, например, для фасетных моделей с некоторыми ограничениями доступны булевы операции, B-REP и фасетные тела могут присутствовать в одной мо-

дели, для фасетных тел возможно применять основные команды добавления и удаления материала, такие как Выдавливание, Круговое выдавливание, Отверстие, Ребро, Сетка ребер и т.д., поддерживаются также команды Скругление и Фаска, но они создают фасетные грани. Пример редактирования таким объединенным инструментарием представлен на рис. 1.33.

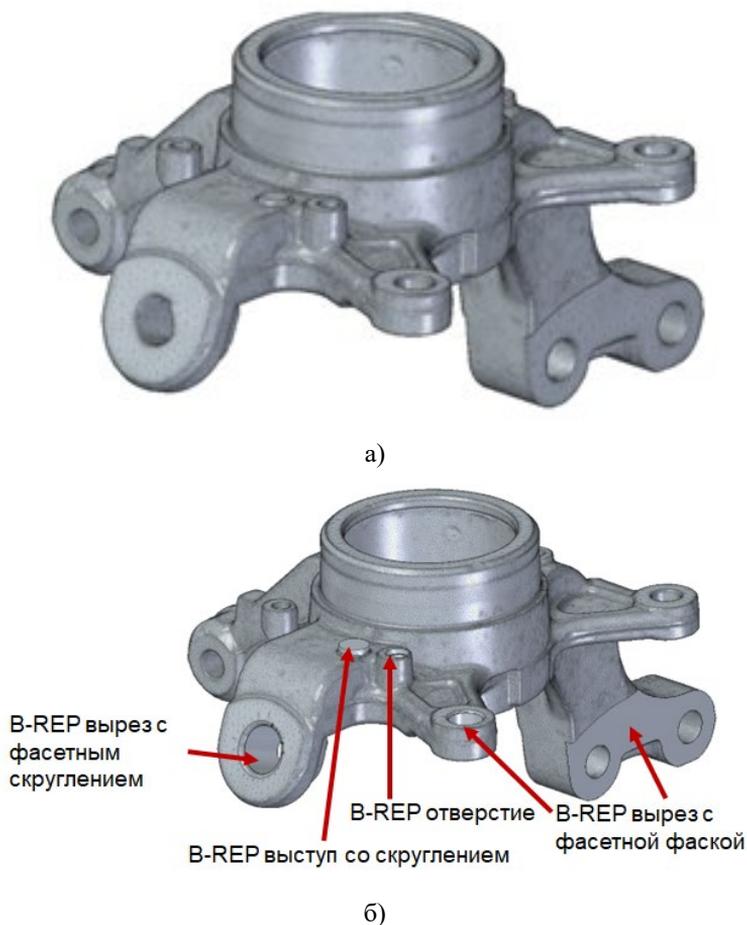


Рис. 1.33. Редактирование фасетной модели с применением универсального инструментария: исходная сканированная модель (а); модель, измененная методами объединенного моделирования (б)

Таким образом, с помощью объединенного моделирования возможна одновременная работа с BREP и фасетами в одной модели, при этом не требуется конвертации данных, традиционные операции редактирования выполняются напрямую, а для работы с сеточными моделями доступны большинство команд моделирования.

Тесты к лекции 4

1. Чтобы успешно распознать области в автоматическом режиме, сетка должна быть по размеру:
 - а) однородной;
 - б) с крупными фасетами;
 - в) с мелкими фасетами.
2. Как распознать поверхность, если она окрашена в произвольный цвет?
 - а) перекрасить поверхность;
 - б) воспользоваться командой «Аппроксимировать»;
 - в) распознавание невозможно.
3. Как наиболее оптимально ориентировать фасетную модель в пространстве?
 - а) использовать оптимальный ограничивающий параллелепипед;
 - б) использовать главные оси;
 - в) использовать задаваемый ограничивающий параллелепипед.
4. Какая команда завершает формирование тела из заготовок аналитических поверхностей?
 - а) Продлить до пересечения;
 - б) Усечь;
 - в) Сшить поверхности.
5. Суть объединенного моделирования заключается в:
 - а) возможности моделирования с использованием фасетных и твердотельных элементов в составе одной модели с помощью универсальных инструментов;
 - б) преобразовании BREP-моделей в фасетные с сохранением точности геометрии;
 - в) объединении синхронных и параметрических технологий проектирования деталей и сборочных единиц.