

РОЛЬ И МЕСТО ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ

Каменев С.В., Кондров А.П.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Одним из требований к квалификации инженера-механика, определяемым уровнем современного машиностроительного производства, является владение технологиями как прямого, так и обратного проектирования различных изделий. В то время как основное внимание при подготовке инженерно-технических кадров в вузах традиционно уделяется приобретению знаний и умений в области прямого проектирования изделий, технологии обратного проектирования практически не рассматриваются. Это объясняется тем, что данные технологии предполагают использование сложного прогрессивного оборудования, которое относительно недавно начало внедряться в производство, и на многих отечественных предприятиях машиностроительного профиля пока еще отсутствует.

Однако технический прогресс не стоит на месте, и подобное оборудование начинает появляться на рабочих местах, что требует наличия специалистов, владеющих технологиями обратного проектирования. В связи с этим на современном этапе развития инженерно-технического образования возникает необходимость обучения студентов названным технологиям, чтобы обеспечить им возможность успешной конкуренции на рынке труда. Процесс подготовки инженеров в данной области имеет свою специфику, которая определяется самой сущностью обратного проектирования изделий.

Под обратным проектированием (reverse engineering) понимается процесс воспроизведения геометрии существующей детали или сборочного узла без использования какой-либо документации, чертежей либо компьютерной модели. Обратное проектирование также можно определить, как процесс восстановления геометрической CAD-модели на основе пространственного массива точек, получаемых путем сканирования или оцифровки существующих физических объектов.

Обратное проектирование первоначально возникло, как метод создания дубликатов для замены поврежденных или изношенных изделий, не обеспеченных технической документацией, как, например, в случае использования импортных деталей, поставляемых без чертежей либо при утрате оригинальных чертежей. В подобных обстоятельствах обратное проектирование таких проблемных деталей представляется наименее затратным вариантом в сравнении с повторной покупкой импортной оригинальной детали, и к тому же не только обеспечивает быструю замену вышедшей из строя детали, но и обеспечивает создание дополнительных ее экземпляров для поддержания работоспособности объекта в течение длительного периода времени.

В общем случае процесс обратного проектирования может быть представлен в виде последовательности этапов, приведенных на рисунке 1. Представленная последовательность может быть реализована различными методами, которые подразделяются на ручные и автоматизированные, основанные на использовании компьютерных технологий. В первом случае вручную при помощи универсальных измерительных средств производится измерение длин, диаметров и других размеров объекта с последующей обработкой полученных результатов и построением на их основе необходимых чертежей объекта. Очевидно, что такой подход требует значительных затрат времени и труда при измерении объектов сложной геометрической формы. Поэтому все большее распространение в последнее время получает компьютерное обратное проектирование, связанное с использованием различных компьютерных средств для получения информации о геометрии детали, идентификации ее материала, улучшения конструкции, разработки оснастки, производственного планирования и физической реализации.

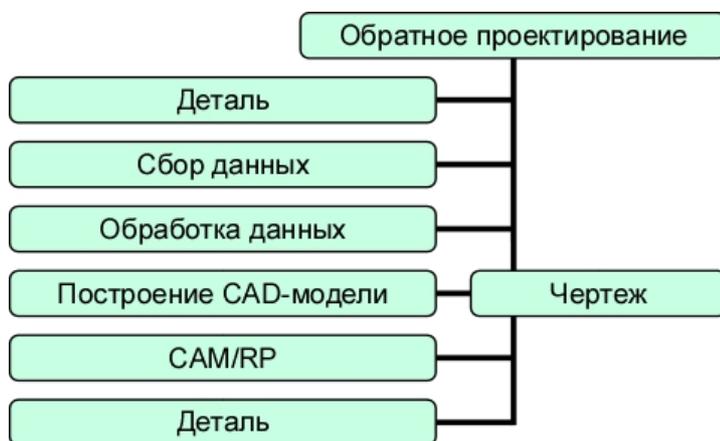


Рисунок 1 – Этапы обратного проектирования

В основе компьютерного обратного проектирования лежит построение твердотельной или поверхностной геометрической модели объекта с использованием облака точек, автоматизированный сбор координат которых может осуществляться при помощи датчиков двух типов: контактного (механического) типа и бесконтактного (оптического) типа. При использовании механических датчиков необходимые данные (координаты точек) собираются при помощи координатно-измерительных машин (КИМ), оснащенных щупами, последовательно касающихся поверхности детали в выбранных точках. Данный процесс является длительным и трудоемким, но обеспечивает высокую точность, сопоставимую с другими механическими методами измерений.

Еще одним вариантом механического сбора данных является сканирование, когда щуп КИМ приводится в контакт с поверхностью детали и последовательно перемещается по всем ее участкам при сохранении непрерывного контакта в процессе перемещения. Данное сканирование может быть как ручным, так и автоматическим. При этом точность ручного сканирования зависит от квалификации оператора и является более низкой в

сравнении с точностью автоматического сканирования, которая, в свою очередь, немного ниже, чем при измерении координат отдельных точек.

Современные образцы бесконтактных КИМ, выпускаемые такими компаниями, как «Cyberware», «Digibotics» и «Laser Designs» позволяют существенно повысить производительность сбора данных за счет применения лазерных устройств. В этих устройствах используется световой луч, позволяющий производить измерения методом оптической триангуляции. Однако точность позиционирования на таких машинах составляет порядка ± 50 мкм, что значительно уступает КИМ контактного типа (± 14 мкм). К тому же измерение таким способом поверхностей сложной геометрической формы, например с глубокими полостями, острыми углами наклона поверхностей, препятствиями для доступа светового луча может привести к полной утрате необходимых данных.

Независимо от выбранного метода обратного проектирования его основной целью является генерация САД-модели, отвечающей определенным требованиям, задаваемым для нее областью ее дальнейшего использования. Это может быть разработка управляющих программ для станков с ЧПУ (САМ), быстрое прототипирование (RP), инженерный анализ и т.д. По этой причине различные характеристики САД-модели, такие как форма, качество поверхности, непрерывность, точность, время построения и т.п. варьируют в зависимости от области последующего применения модели.

Так, например, программное обеспечение числовой программной обработки достаточно часто допускает использование прерывистых поверхностных моделей, где зазоры между поверхностями малы по сравнению с радиусом инструмента. И наоборот, эстетические и аэродинамические качества внешних поверхностей автомобильной и авиационной техники определяют высокие требования к непрерывности их геометрии при более низкой точности (обычно $\pm 0,5$ мм относительно сканированных данных).

В качестве примера практической реализации технологии обратного проектирования можно рассмотреть процесс построения САД-модели токарного отрезного резца с использованием координатно-измерительной машины Wenzel Xorbit 55, оснащенной измерительной головкой RH10T фирмы Renishaw с тактильным датчиком TP200, позволяющим производить сбор данных путем последовательного измерения координат выбранных точек. Данная процедура осуществлялась путем реализации ряда последовательных этапов (рисунок 2), на первом из которых резец жестко фиксировался на рабочей поверхности стола машины с возможностью обеспечения свободного доступа измерительного щупа ко всем его поверхностям.

На следующем этапе для каждой из поверхностей производился сбор измерительных данных в форме координат достаточно большого количества точек, принадлежащих поверхности. При этом для упрощения этой трудоемкой процедуры сбор координат точек производился на основе стандартных функций построения геометрических примитивов, заложенных в программное обеспечение КИМ. В рассматриваемом случае тело резца ограничивается набором плоских граней, поэтому необходимые данные были получены

измерением и построением соответствующего числа геометрических примитивов типа «плоскость» с числом определяющих точек, варьируемым в зависимости от площади реальной поверхности (не менее 5 штук для каждой из поверхностей).

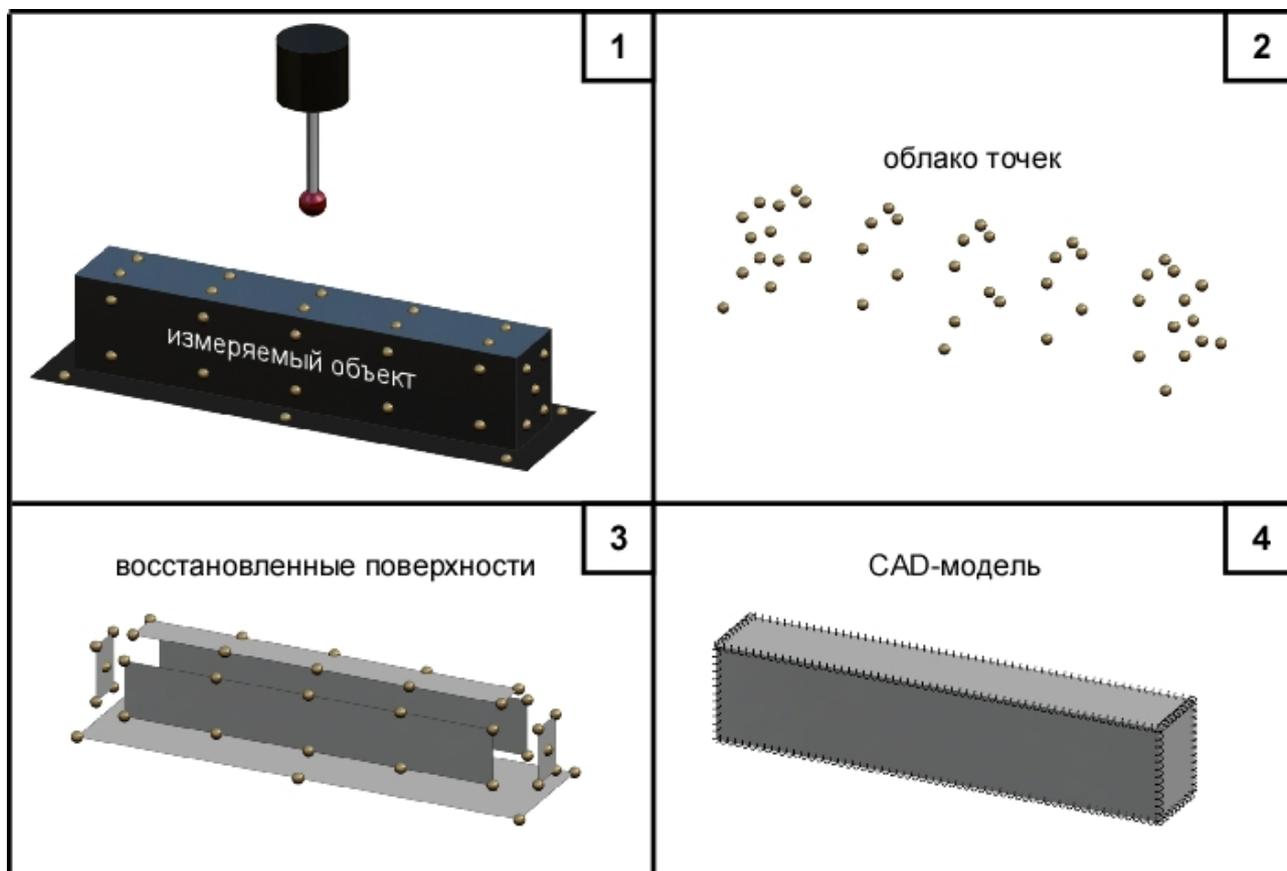


Рисунок 2 – Принципиальная схема построения CAD-модели объекта методом обратного проектирования

Дальнейшая обработка полученных измерительных данных производилась путем их сохранения в нейтральный векторный формат графики IGES в виде набора точек с последующей передачей в CAD-модуль автоматизированной системы «Siemens NX», где на их основе формировалась геометрическая модель. При этом на начальной стадии формирования модели выполнялось построение аппроксимирующих плоских поверхностей для каждой группы точек с одновременным их выравниванием и коррекцией относительных размеров (для стандартных размеров державки резца). После этого полученные поверхности были подвергнуты редактированию, включающему их удлинение, обрезку и сшивку для получения замкнутого объема, ограниченного данными поверхностями. Заключительная сшивка поверхностей приводит к образованию поверхностной CAD-модели, которая легко преобразуется в твердотельную модель резца. Построенная таким способом CAD-модель (рисунок 3) отличается высокой степенью точности

соответствия оригиналу и может быть использована для определения всех необходимых геометрических размеров резца и генерации рабочих чертежей.



Рисунок 3 – Результат построения CAD-модели резца

Как показывают приведенные данные, процесс обратного проектирования неразрывно связан как с использованием современного оборудования, так и передовых компьютерных технологий, овладение которыми в совокупности позволяет существенно повысить уровень профессиональной подготовки выпускника. Однако, несмотря на кажущуюся простоту, он имеет ряд специфических особенностей, и требует специального рассмотрения в рамках соответствующих учебных дисциплин, подкрепленных необходимым методическим обеспечением. По этой причине на кафедре технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов ОГУ в настоящее время ведется разработка такого методического обеспечения для его последующего внедрения в учебный процесс подготовки инженеров-механиков.

Список литературы

1. Manzoor, H. M. *Reverse Engineering: Point Cloud Generation with CMM for Part Modeling and Error Analysis* / H. M. Manzoor, R. Ch. Sambasiva, K. E. Prasad // *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2008. – Volume 3. – №4. – P.37-40.
2. Thompson, W. B. *Feature-Based Reverse Engineering of Mechanical Parts* / W. B. Thompson, J. C. Owen, H. J. de St. Germain // *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 1999. – Volume 15. – №1. – P. 57-66.
3. Vinesh, R. *Reverse Engineering: An Industrial Perspective* / R. Vinesh, K. J. Fernandes. – Springer Science & Business Media, 2007. – 260 p.

4. Xia, Z. *Application of Reverse Engineering based on Computer in Product Design* / Z. Xia // *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 2014. – Volume 9. – №5. – P. 343-354.