

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 658.512.2:658.512.4:658.512.8:621.91:658.5.011:658.5.018.2

CAD/CAM ТЕХНОЛОГИИ

В. В. Савицкий

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Анализ промышленности развитых стран достаточно давно показал, что основой высокой эффективности предприятий, создающих новые изделия с лучшими техническими характеристиками и в более короткие сроки, является оснащение этих предприятий современными информационными технологиями [1].

Изменение процессов конструирования и изготовления изделий на машиностроительных предприятиях Запада на основе объединения CAD, CAM, CAE, CAPP и других систем обеспечили организацию нового уровня взаимодействия конструкторско-технологических служб, заготовительных, обрабатывающих подразделений, службы контроля качества и других подразделений в форме электронного документооборота, основой которого стали носители всей полной и непротиворечивой информации о деталях и изделиях в виде их геометрических моделей. Такая форма организации производства ориентирована на конечный результат в виде готовых изделий.

В отечественном машиностроении документоориентированная подготовка производства и разработка бумажных документов различного вида по-прежнему преобладает, а полноценной связи систем автоматизированного проектирования с технологической подготовкой производства на основе CAD/CAM продуктов добиться не удается. Даже когда результатом работы в CAD системе является электронная геометрическая модель детали или изделия, в технологической подготовке по-прежнему используются рабочие чертежи деталей или сборочные чертежи узлов и изделий. В качестве программных продуктов, обеспечивающих некоторую автоматизацию технологической подготовки производства, используют так называемые САПР ТП (САПР технологических процессов), которые выполняют достаточно узкую задачу – проектирование технологической документации (маршрутной, операционной) в виде бумагоориентированных документов, доводимой до рабочих мест и с разной степенью подробности регламентирующей будущий процесс изготовления детали. САПР ТП не выводит технологическую подготовку из документоориентированного направления, а лишь ускоряет оформление текстовых технологических документов. При использовании оборудования с ЧПУ, достаточно широко распространенного на предприятиях промышленности республики, такой подход лишь тормозит организацию высокопроизводительной работы этого оборудования, поскольку требует перевода созданных бумажных документов в цифровую форму для разработки управляющих программ, которые на большинстве предприятий создаются устаревшими способами программирования – вручную в текстовых редакторах или на панели УЧПУ при использовании программного обеспечения станка с ЧПУ. Работа по внедрению САМ систем, автоматизирующих эту процедуру в технологической подготовке производства, находится практически в зачаточном состоянии.

Основное внимание в работе предприятий промышленно-развитых стран уделяется объединению возможностей CAD/CAM систем, которые обеспечивают

сквозной электронный документооборот для оперативного прохождения этапов конструкторско-технологической подготовки производства на основе моделиеориентированного проектирования. Причем CAD системы обеспечивают не только создание геометрических моделей деталей, но и дополняют эти модели атрибутами, техническими требованиями и другой информацией, необходимой для ее последующего производства. В таком цифровом виде модели поступают в технологические подразделения, в которых в виде копий используются при создании технологии обработки в САМ системах. Технология в этом случае реализуется преимущественно на оборудовании с ЧПУ. Это оборудование за счет концентрации операций позволяет программировать обработку деталей различной сложности в рабочем пространстве одного станка, который в зависимости от назначения может быть снабжен многоинструментальным магазином, револьверной головкой с неприводными и приводными инструментами, поворотным шпинделем, противошпинделем. В результате может быть реализована обработка деталей практически любой сложности за минимальное количество установов. Все созданные в САМ системе документы в электронном виде доступны для исполнителей, занятых изготовлением заготовок, подбором и комплектованием режущих и вспомогательных инструментов, нормированием и другими работами.

Однако использование геометрической модели с 3D аннотациями вместо чертежа может увеличивать трудоемкость подготовки производства. Для получения эффекта от моделие-ориентированного проектирования необходимо оптимизировать объем и тип наносимой информации, а также обеспечить ее считывание машинными способами. К настоящему времени сформировались следующие направления в моделие-ориентированном проектировании. На начальном этапе развития CAD/CAM систем использовалась лишь геометрическая информация об элементах модели и нанесенных атрибутах и технических требованиях (PMI). С развитием программного обеспечения CAD/CAM появились подходы, развивающие моделиеориентированное проектирование до уровня MBD (Model Based Definition), т. е. полного цифрового описания моделей с PMI и метаданными. Дальнейшим развитием цифрового описания моделей деталей на предприятиях промышленно-развитых стран стал уровень MBE (Model Based Enterprise), т. е. полного считывания информации из модели детали или изделия в процессе производства и контроля для всего предприятия и организация «умного производства».

Естественно, что для перехода к подготовке производства, предметно-ориентированной на конечный результат за счет объединения CAD/CAM, необходимы финансовые вложения. На тему возврата инвестиций в моделиеориентированное проектирование есть специальное исследование THE ROI OF MBD [2, 3]. В первом исследовании выделяется четыре вида создаваемой инженерной документации и приводится трудоемкость ее разработки, а также дается ряд поясняющих комментариев. Во второй работе приведены данные о сокращении затрат времени на проектирование изделий и внесение в них изменений.

Выпуск чертежей с аннотациями требует затрат на создание 8,8 часа. Эта трудоемкость принята в качестве базовой величины для сравнения других способов создания конструкторской документации. Переход к чертежу от модели с минимальным числом аннотаций требует затрат времени 5,2 часа. Но у данного подхода имеется значительный недостаток. Чертеж, экспортированный или сохраненный в нейтральном или другом формате, при необходимости может быть отредактирован, но без обновления 3D-модели. Такой подход приводит к различию в 3D-модели и чертеже и возможным дорогостоящим ошибкам в процессе производства. Выпуск 3D-

моделей с аннотациями при сохранении подхода к оформлению как к чертежу требует затрат времени 11,7 часа. Значительное увеличение затрат времени обусловлено несколькими причинами. Разработка изделия на основе модели является более сложным процессом, поскольку необходимо ориентировать размеры и допуски на плоскостях обозначений и указаний, сгруппировать их. Недостаток данного метода заключается в оформлении модели аннотациями, аналогичными представленным на чертеже, что повторяет традиционный способ создания размеров для точной передачи геометрической формы детали и требований к ее соблюдению, однако геометрия 3D-модели уже выполняет эту функцию. В итоге переход от чертежа с аннотациями к модели с аннотациями как бы выгоден для предприятия, так как приводит к снижению проблем в производстве, но не для проектных отделов, которые затрачивают больше времени на создание документации такого вида, и тем самым снижается эффективность работы конструкторов. Выпуск 3D-моделей с минимумом аннотаций возможен в течение 6,7 часа. Для детали, которая будет обрабатываться на станке с ЧПУ с использованием управляющих программ, сгенерированных в автоматизированном режиме в САМ программе, указывать все размеры нет необходимости, поскольку алгоритм САМ систем автоматически формирует операционные переходы на основе геометрических элементов с учетом размеров и аннотаций, привязанных к этим геометрическим элементам. С другой стороны, в некоторых случаях размеры и примечания необходимы, поэтому они должны быть добавлены в модель, например, для выполнения контрольных операций на станках либо контрольно-измерительных машинах. Тип и количество аннотаций как раз и определяется технологиями, которые используют в дальнейшем производственном процессе. Модель с сокращенным числом аннотаций выполняет все функции инженерной документации и требует меньших затрат времени.

Различные виды документации, в которых использована информация на основе 3D-моделей, позволяют получать дополнительную информацию из этих моделей и использовать в производственных условиях. Приведенные по указанным ссылкам рассуждения подтверждаются результатами исследований качества использования моделей и чертежей. Организации, не внедрившие модели в документацию на изделие, имеют в среднем 9,5 запросов на внесение изменений на каждый проект, в то время как у организаций, использующих конструкторскую документацию в виде 3D-моделей, этот показатель равен 5,6, т. е. разница составляет 41 %. По числу несоответствий (ошибок) в проектах этот показатель равен 6,5 и 3,3 соответственно (разница – 49 %) [3].

Опираясь на опыт промышленно развитых стран, для цифровизации процессов в машиностроении на первом этапе следует достаточно оперативно перейти к широкому использованию САД систем в работе конструкторских подразделений предприятий и разработке в них электронных геометрических моделей деталей и изделий в качестве основного конструкторского документа. Эти документы должны стать основой для работы технологических бюро в САМ системах.

Переход на безбумажный документооборот преследует несколько задач. Внедрение безбумажных технологий направлено на снижение финансовых затрат на содержание громоздкого аппарата, связанного с созданием и обработкой бумажных документов. Сюда можно отнести процедуры передачи (пересылки) документов из подразделения в подразделение, их согласования, хранения и поиска. Централизация инженерных данных и организация безбумажного документооборота обеспечивает возможность быстрого доступа к самым актуальным версиям документов. Наличие электронного документа в статусе подлинника обеспечивает возможность его мно-

гократного использования. Это дает возможность оперативного использования и редактирования существующих разработок на всех этапах производственного процесса.

Литература

1. Калачев, О. Н. Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron / О. Н. Калачев. – М. : Машиностроение, 1998. – С. 43–47, 49.
2. Maximize ROI with Model-Based Definition (MBD) : ACTION Engineering. – URL: <https://www.action-engineering.com/blog/mbd-and-roi/> (дата обращения: 15.10.2024).
3. MBD (Model-Based Definition): 2023 Edition. – URL: <https://www.capvidia.com/blog/mbd-model-based-definition-guide> (дата обращения: 15.10.2024).

УДК 620.004.5

ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол, Ю. Н. Саливончик

*Брестский государственный технический университет,
Республика Беларусь*

Признанная актуальность проблемы повышения эффективности и достоверности оценки технического состояния механических приводов, основанных на зубчатых передачах, требует постоянного совершенствования методов и средств диагностики. Многолетние исследования подтвердили высокую информативность виброакустических сигналов как диагностических параметров, что привело к разработке целого ряда методов и средств решения поставленных задач. Однако, несмотря на явные достоинства виброакустической диагностики, существует значительный потенциал для повышения их эффективности, что обусловлено стремительными темпами развития не только элементной базы аппаратуры, на которой они функционируют, но и их технических характеристик. Также необходимо отметить нехватку инженерных прикладных методик по диагностике и мониторингу механических приводов, что сдерживает широкое применение виброакустической диагностики в промышленной среде.

Для решения части этих вопросов в университете проводятся исследования, направленные на дальнейшее развитие этой сферы. С использованием современного многофункционального аппаратно-программного комплекса для исследования и мониторинга состояния механических систем по виброакустическим и кинематическим параметрам в процессе экспериментальных работ были разработаны новые методики диагностирования зубчатых колес и пар в составе многовальных механизмов.

Для проверки эффективности результатов проведен ряд экспериментов на объектах различной сложности и конструкции, таких как коробки скоростей привода главного движения металлорежущего оборудования и коробка передач автотракторной техники. В процессе испытаний на данных объектах были установлены зубчатые колеса, среди которых моделировались различные распределенные и локальные дефекты: погрешности профиля, возникающие в результате изготовления или износа, дефекты отдельных частей и поломка целых зубьев.

Чтобы учесть непостоянство частоты вращения, характерное для эксплуатационных условий и затрудняющее анализ спектральных характеристик колебательных процессов, в программной системе комплекса предусмотрена функция синхронного накопления. Она включает одновременное снятие данных о закономерности вращения и виброакустических сигналах, что значительно упрощает решение данной про-