

10-я Международная научно-техническая конференция "ТЕРВИКОН-2002"
Украина, Сумы, 10-13 сентября 2002 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УЗЛОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

USING OF 3D COMPUTER SIMULATION FOR DESIGNING OF CENTRIFUGAL PUMP PARTS

ЗАЕЦ Владимир Владимирович, инженер-конструктор,
ЦВЫК Николай Иванович, инженер-программист,
ГАЛЕТА Людмила Андреевна, ведущий конструктор,
КОРЧАН Ольга Трофимовна, ведущий конструктор,
ЧЕРНОВ Александр Евгеньевич, к.т.н., зав. отделом,
ОАО «ВНИИАЭН», г. Сумы, Украина.

Abstract. In this report designers present the experience on a common use two systems of automatic design system (CAD system) during multi-stage pump working out.

В условиях усиливающейся конкуренции к современным предприятиям предъявляются все более жесткие требования по сокращению сроков проектирования новых изделий, увеличению их ассортимента, минимизации затрат и сроков подготовки производства. Обеспечить "гибкость" производства, его ориентацию на конкретного заказчика, помогают новые технологии автоматизированного проектирования изделий и автоматизация технологической подготовки производства [1]. Постоянно растет число предприятий, которые активно используют современные средства САПР при разработке новой машиностроительной продукции, причем наблюдается тенденция к активному использованию на стадии «проработки» конструкции трехмерного компьютерного моделирования [2 - 4]. Построение трехмерной компьютерной модели позволяет конструктору наглядно представить весь цикл создания узла или машины, рассмотреть ее со всех сторон, учесть все нюансы взаимной увязки сопрягающихся деталей, поработать над дизайном. При этом появляется возможность получить массовые и инерционные характеристики деталей и конструкции в целом, определить положение центра тяжести и, при наличии соответствующих моду-

лей расширения, выполнить прочностные и тепловые расчеты, провести кинематический анализ.

В ОАО ВНИИАЭН на протяжении последних лет велась активная работа по внедрению компьютерных методов проектирования центробежных насосов. До настоящего времени для этих целей активно использовались только двумерные САД системы, в основном AutoCAD (фирмы Autodesk Co.) различных версий. Причем процесс «проработки» конструкции новой машины выполнялся конструктором на кульмане, и, только после его окончания, выпуск конструкторской документации осуществлялся на компьютерах, то есть компьютерное проектирование применялось не системно, а фрагментарно, только на конечном этапе.

В настоящее время руководство института перед конструкторскими и научно-исследовательскими отделами поставило задачу в кратчайшие сроки освоить современные САД системы и методологию компьютерного проектирования центробежных насосов большой мощности. С этой целью под руководством заместителя директора по научной работе была создана временная группа, отвечающая за внедрение и распространение САПР на ОАО ВНИИАЭН, в обязанности членов которой входит следующее:

- создание стандарта предприятия (СТП) по оформлению чертежей, разработанных в системе автоматизированного проектирования AutoCAD;
- анализ и тестирование современных программных средств автоматизированного проектирования;
- обучение конструкторов методам эффективного использования средств САПР на предприятии;
- внедрение новой методологии компьютерного проектирования на основе построения трехмерных компьютерных моделей;
- координация действий по компьютерному проектированию машины между ведущими отделами и соисполнителями.

В настоящем докладе представлен опыт использования современных средств компьютерного проектирования в отделе уплотнений и подшипников ОАО ВНИИАЭН. Принимая во внимание специфику конструкторской части отдела – разработку конструкторской документации на отдельные, зачастую типовые, узлы центробежных насосов, а именно:

- концевые уплотнения роторов;
- подшипниковые узлы;
- соединительные упругие пластинчатые муфты;

становится очевидным, что внедрение средств автоматизированного проектирования будет особенно эффективно именно в такого рода подразделениях, в которых большая часть времени тратится на совершенствование (модернизацию) уже готовых узлов.

Конструкторскому сектору, который специализируется на разработке упругих пластинчатых муфт, была поставлена задача в максимально сжатые сроки выпустить рабочие чертежи различных типоразмеров одного

вида муфты. Одним из основных требований было то, что чертежи должны быть в формате DWG (во всех отделах предприятия применялся AutoCAD 2000 с надстройкой для оформления чертежей по правилам ЕСКД, разработанной белорусским НПП «ИНТЕРМЕХ»). Для исключения возможных ошибок в конструкции и ускорения процесса проектирования было принято решение при разработке муфты применить трехмерное проектирование.

При выборе программного обеспечения рассматривались программы имеющие возможность передачи двухмерных чертежей в AutoCAD 2000. Наилучшим решением была бы передача двумерных чертежей в AutoCAD через формат DWG. Исходя из этого были рассмотрены две программные системы трехмерного проектирования - Autodesk Mechanical Desktop 6.0 и Autodesk Inventor 4.0. В процессе освоения этих программных продуктов выяснилось, что по функциональным возможностям для проектирования наших изделий подходят обе системы. Autodesk Mechanical Desktop 6.0 имел некоторое преимущество в плане того, что трехмерные модели и двухмерные чертежи изначально разрабатывались в формате DWG, но в свою очередь Autodesk Inventor 4 имел возможность экспортировать двухмерные чертежи в формат DWG.

После сравнительного анализа было принято решение для проектирования упругих соединительных муфт использовать Autodesk Inventor 4, так как время, необходимое для его освоения, в несколько раз меньше, чем то которое нужно затратить на освоение Autodesk Mechanical Desktop 6.0. В любой публикации, посвященной Autodesk Inventor, непременно упоминается, что этот продукт осваивается за один день - если это и преувеличение, то очень небольшое [1, 5].

Autodesk Inventor предназначен для трехмерного проектирования изделий на предприятиях машиностроительного профиля. Модель детали выполняется методами твердотельного моделирования, при этом имеется возможность создание моделей сборок и выпуск конструкторской документации. Очень удобной особенностью этой CAD системы является таблица параметров детали. Создается один узел, а затем в таблицы параметров его деталей вводятся численные значения новых размеров и таким образом получается другой типоразмер одного узла без новой «проработки». Кроме того, Autodesk Inventor несложен и в использовании, что существенно повышает производительность труда конструктора.

Autodesk Inventor динамично развивается, каждая новая версия предлагает множество новых возможностей, повышающих производительность труда конструктора. Система функционирует на персональных компьютерах под управлением Windows (98 или NT). Интерфейс удобен и прост, быстро осваивается пользователями, имеющими элементарные навыки работы на компьютере в операционной системе Windows (98 или NT). Меню не содержит глубокой вложенности, инструментальные панели автоматически меняются при смене режима работы, широко используется система

контекстных меню. В Autodesk Inventor можно непосредственно загружать чертежи из AutoCAD в формате DWG. Имеется набор интерфейсов для обмена моделями с другими CAD- и САМ-системами, например форматы SAT, STEP, DXF и др. За время опытной эксплуатации система показала себя вполне работоспособной, пригодной для проектирования муфт и получения конструкторской документации (рисунок 1).

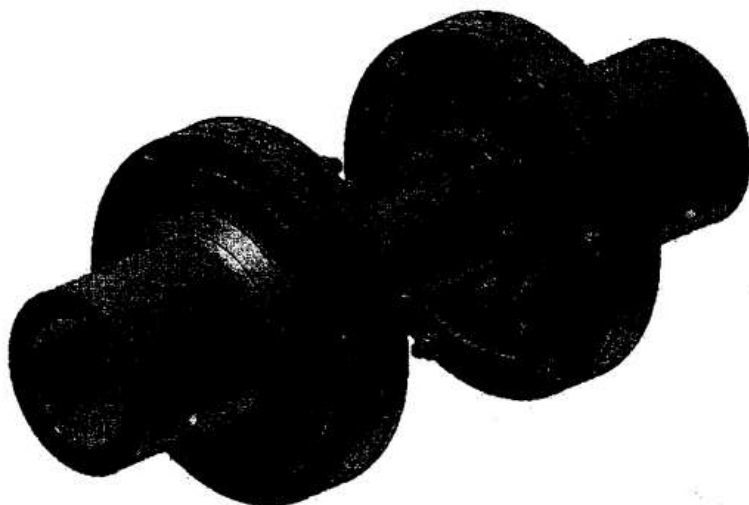


Рисунок 1 – Трехмерная компьютерная модель упругой пластинчатой муфты (МУП) для центробежного насоса (Autodesk Inventor 4.0)

Молодые специалисты в конструкторском секторе уплотнений в качестве базовой CAD системы твердотельного проектирования выбрали SolidWorks 2000. Руководство не препятствовало «творческому поиску» молодых конструкторов, придерживаясь следующего принципа – работаешь ты, значит ты сам и должен определять каким инструментом тебе пользоваться. Единственным условием при этом было выполнение конструкторской документации в формате DWG, то есть обеспечение совместности трехмерных моделей с двумерными в этом формате. В настоящее время НПП «ИНТЕРМЕХ» рекомендует использовать со своим продуктом CADMECH либо Autodesk Inventor либо SolidWorks, что свидетельствует о том, что эти продукты хорошо совместимы с AutoCAD и обладают всеми возможностями, необходимыми для быстрого и качественного создания трехмерных моделей деталей и узлов средней сложности (до 13 тысяч сборочных единиц).

Русифицированная версия SolidWorks представляет собой программный комплекс САПР, позволяющий проектировать изделия любой сложности практически без ограничения на количество элементов сборки и выпускать чертежи, спецификации и другие документы, в соответствии с

ГОСТ, который уже "защит" в саму систему наряду с другими международными стандартами. Плюс к этому, SolidWorks может служить также как источник данных для других систем, что позволяет решить компромиссным и эффективным способом вопрос о переходе (или не переходе) всего конструкторского бюро на одну систему. Т.е. без ограничений возможности работать в существующих системах, используя и задел в виде готовых разработок, и накопленный опыт конструкторов и технологов, при этом сохранить средства, вложенные в автоматизацию ранее.

Несмотря на то, что SolidWorks содержит все возможности для выпуска профессиональной документации в соответствии ЕСКД, на рабочей стадии проектирования могут возникнуть проблемы с выпуском КД, т.к. концепция чертежного модуля SolidWorks (RapidDraft) отличается от общепринятых норм традиционных 2D САПР, где линии можно удалить, удлинить, переместить по собственному желанию. При создании в SolidWorks двумерных чертежей (RapidDraft) между плоскими видами, сечениями, разрезами детали и деталью в 3D существует жесткая параметрическая связь. Она выражается в том, что кардинально изменять геометрию проекции детали на плоскости можно только через изменение геометрии в 3D. Нельзя удалить не понравившуюся линию или наоборот добавить на чертеж объект, который не присутствует в 3D. Такая связь называется ассоциативной. На первый взгляд, она кажется неудобной, но на самом деле она является одним из главных достоинств параметрических 3D САПР, т.к. обеспечивает выпуск точной и корректной документации.

Принцип построения параметрической трехмерной модели в SolidWorks исходно отличается от традиционного. Сохраняется не жесткая геометрия элемента, а принцип его построения. Размеры и взаимосвязи между элементами (касательность, параллельность, концентричность и др.) приобретают здесь особое значение, они являются исходными данными для точного построения. Таким образом, через реальное построение фактически записывается ход конструкторской мысли. Но это вовсе не значит, что все ходы и модификации модели на будущее надо продумать. Это означает лишь то, что заданная идея построения будет отрабатываться при любых модификациях проекта в целом. Причем, способ построения элемента SolidWorks помнит всегда и по всей структуре проекта. Это особенно важно, когда необходимо установить идеологическую зависимость между элементами различных деталей (стыковой узел). Если же конструктор на момент проектирования не знает исходных данных (размеров) или будущих взаимосвязей, это не влияет на темп работы в будущем. Любая зависимость может быть задана и отредактирована в тот момент, когда в этом возникнет необходимость. Косвенным доказательством изложенного можно считать возможность создания в SolidWorks сборок, содержащих тысячи компонентов и большое количество сложных деталей, типа картера двигателя. Такие проекты просто невозможно сделать, если заранее про-

думывать все взаимосвязи или иметь сложный механизм их назначения и поддержки.

На освоение указанных систем твердотельного (трехмерного) проектирования понадобилось около 2-х месяцев, в течение которых были разработаны трехмерные модели и выпущена конструкторская документация на две упругих муфты, подшипника скольжения и три вида концевых уплотнений вала (комбинированное сальниковое, торцовое механическое и двойное торцовое уплотнение). Трехмерные компьютерные модели подшипника скольжения и комбинированного сальникового уплотнения вала, созданные в среде SolidWorks 2000, показаны на рисунках 2 и 3. При этом характерно то, что для трехмерного проектирования использовались имеющиеся в распоряжении компьютеры, которые, по современным меркам, относятся к нижнему классу (low-end) по производительности и оснащению (процессор Celeron 700, 128 Мб ОЗУ, встроенное видео).

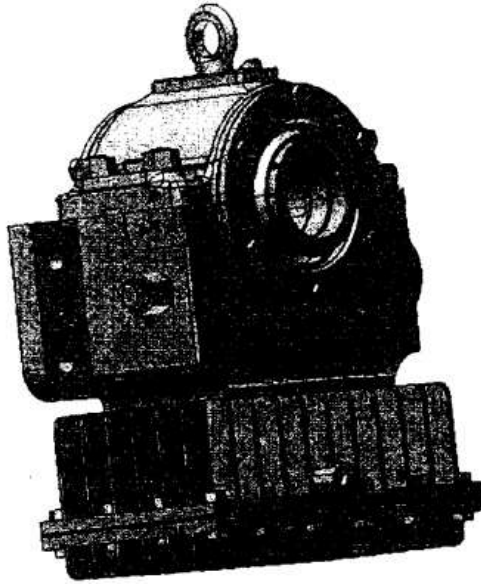


Рисунок 2 – Трехмерная компьютерная модель подшипникового узла (SolidWorks 2000)

Активное участие в работе по освоению компьютерного проектирования, наряду с молодыми специалистами, приняли опытные конструкторы, которым очень понравилась возможность увидеть своими глазами проектируемый узел на экране компьютера «во всей красе» без необходимости изготавливать его экспериментальный образец. При этом в процессе работы происходило взаимное обучение – ведущий конструктор осваивал возможности компьютерного проектирования, то есть воочию видел возмож-

ности САD системы, при этом практически без обучения имел возможность (руками молодого специалиста) строить твердотельную модель очень похожую на «живой» узел. В то же время молодой специалист, не имеющий опыта конструирования, но хорошо освоивший компьютерную технику, получал необходимые навыки при проектировании таких ответственных узлов насосов, как подшипники, муфты, уплотнения.

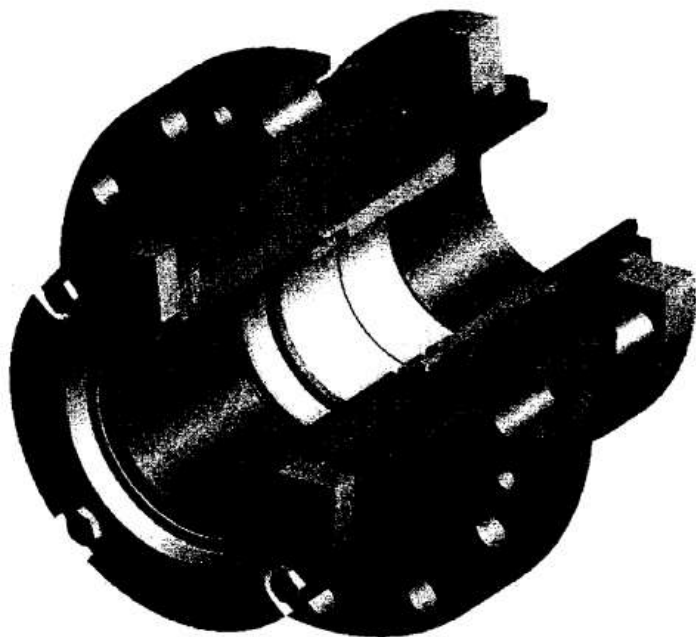


Рисунок 3 – Трехмерная компьютерная модель комбинированного сальникового уплотнения (SolidWorks 2000)

Конструкторская документация на соединительные упругие муфты, подшипниковые узлы и концевые уплотнения центробежного многоступенчатого насоса выпускалась по следующей схеме, включающей несколько этапов:

- создание в системе твердотельного проектирования (Autodesk Inventor 4.0 или SolidWorks 2000) трехмерной компьютерной модели узла (с активным использованием средств параметризации);
- проверка условия сопряжения отдельных деталей в узле;
- передача, после согласования, трехмерных моделей узлов в ведущий отдел для компоновки машины;
- выполнение на трехмерных моделях деталей необходимых видов и разрезов;
- экспорт в формате DWG в AutoCAD 2000 полученных видов и разрезов деталей;

- простановка размеров на видах и разрезах, оформление рабочих чертежей деталей узла в соответствии с требованиями ЕСКД и СТП 1.517-02 [6] в системе CADMECH 2000 (разработка НПП «ИНТЕРМЕХ»).

По схожей схеме работали и конструкторы ДП ТН КБХА [2], только в качестве системы твердотельного проектирования они использовали PRO/ENGINEER 2000i, а для выпуска рабочих чертежей российскую САД систему КОМПАС 5.10.

Однако выяснилось, что представленная методика выпуска конструкторской документации имеет недостатки и самый главный из них это то, что теряется ассоциативная двусторонняя связь между трехмерной моделью и двухмерными чертежами. Если бы весь процесс проектирования происходил в системе твердотельного проектирования (например в SolidWorks 2000), то любое изменение размеров деталей узла автоматически переносилось бы и в двухмерные чертежи и наоборот. В данном случае это соответствие приходилось отслеживать «вручную», поэтому в будущем следует сосредоточиться на разработке твердотельных моделей и рабочих чертежей в одной САД системе с обязательным наличием ассоциативной связи между моделью и рабочими чертежами.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. В. Деркач, О. Пилипенко. За электронным кульманом: обзор современных САПР // СНИР, № 6, 2002г., сс. 54-62.
2. Р.В. Адоньев, В.Ю. Акулов. Опыт проектирования насосной станции МНС 60 с использованием программных средств PRO/ENGINEER 2000i и КОМПАС 5.10 // Труды I Международной научно-технической конференции «СИНТ'01», Воронеж, сс. 199-204.
3. В.Б. Терников, Д.С. Тышнюк. Создание электронасосных агрегатов с применением твердотельных САПР // Труды I Международной научно-технической конференции «СИНТ'01», Воронеж, сс. 117-120.
4. Р.В. Адоньев, С.В. Григорьев, А.В. Московченко, Д.С. Тышнюк, А.Н. Юров. Интеграция САД/САМ систем как средство повышения производительности труда и качества разработки насосного оборудования // Труды I Международной научно-технической конференции «СИНТ'01», Воронеж, сс. 384-387.
5. Каталог программного обеспечения САПР // Русская промышленная компания, 2002 г., 44 стр.
6. СТП 1.517-02 «Правила создания чертежей редактора "AutoCAD" в программно-графической среде "CADMECH"».