

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗВЕРТОК С ПОМОЩЬЮ POWERSHAPE

Мирошниченко А.В., Анастасьев А.В. (каф МС, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В настоящее время системы автоматизированного проектирования становятся всё более востребованными, в связи с повышением требований к качеству изготавливаемой продукции, к сокращению сроков подготовки производства, снижению себестоимости изделия [1].

Основными CAD/CAM системами, которые наиболее удовлетворяют потребностям поставленной задачи являются T-FLEX CAD и семейство программ Delcam. Следует отметить основные их достоинства. T-FLEX CAD - система автоматизированного проектирования с возможностями параметрического моделирования и наличием средств оформления конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД. Семейство программ компании Delcam охватывает все этапы производственного цикла изделий. Оно сочетает в себе функциональность с новейшими технологиями в области пользовательского интерфейса. Delcam PowerSHAPE - современный гибридный моделировщик с твердотельным и поверхностным моделированием. Твердотельное моделирование - это легкие и быстрые операции объединения, вычитания и пересечения. Поверхностное моделирование - это неограниченная сложность пространственных элементов и уникальные возможности редактирования. Для проектировщика, занятого в инструментальном производстве, предназначен набор функций по построению поверхностей разреза, введению литевых уклонов, учету усадок, а также функций по анализу обрабатываемости детали — поиск вертикальных стенок и поднутрений, определение максимального радиуса инструмента для выполнения обработки.

Семейство программ Delcam является оптимальным вариантом для создания на его базе САПР режущего инструмента.

Целью работы является разработка системы автоматизированного проектирования разверток с оптимальными конструктивными и геометрическими параметрами, для обеспечения требуемых параметров обрабатываемых отверстий.

В настоящее время разработан алгоритм проектирования разверток по заданным исходным данным. Конструктивные и геометрические параметры разверток рассчитываются по формулам, приведенным в работе Малышко И.А [2]. Следующим этапом является создание программного модуля, который должен внедряться в PowerShape и по полученным значениям автоматически строить 3D модель полученной развертки.

Рассмотрим процесс построения на примере построения развертки Ø10мм. Первым этапом построения является расчет и построение точек режущей части развертки (рис.1. а), и дальнейшее их объединение (рис.1. б).

Следующим этапом является построение контура заборной части развертки по аналогии с процессом, описанным выше (рис. 2. а). Далее на полученном контуре создается плоскость (рис. 2. б) для дальнейшего построения профиля режущей части развертки.

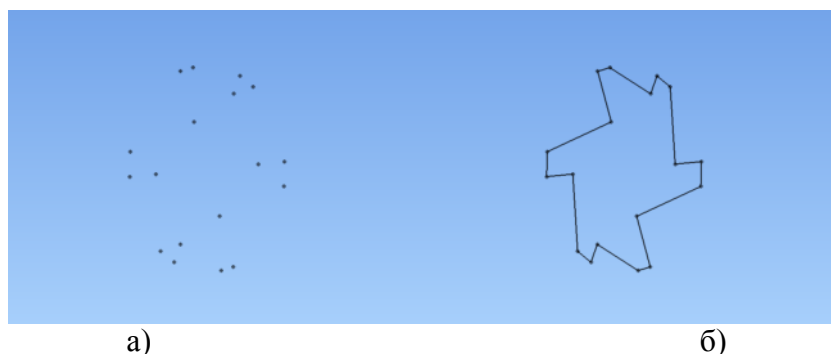


Рис. 1. Построение контура режущей части развертки

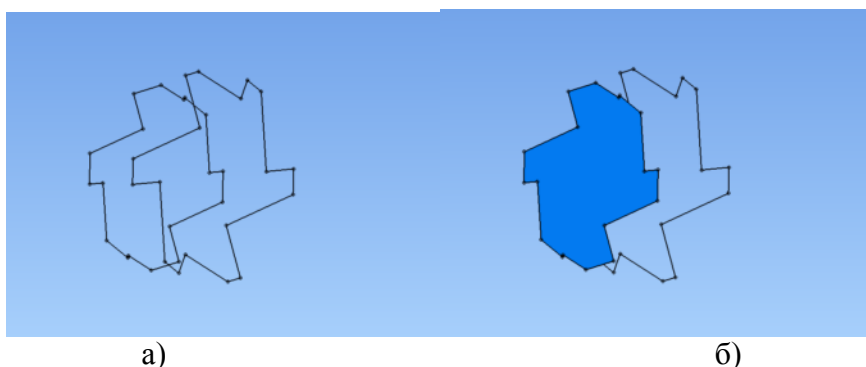


Рис. 2. Построение профиля заборной части развертки

Полученная на предыдущем этапе плоскость используется для создания профиля заборной части (см рис. 3. а) и профиля режущей части (см рис. 3.б).

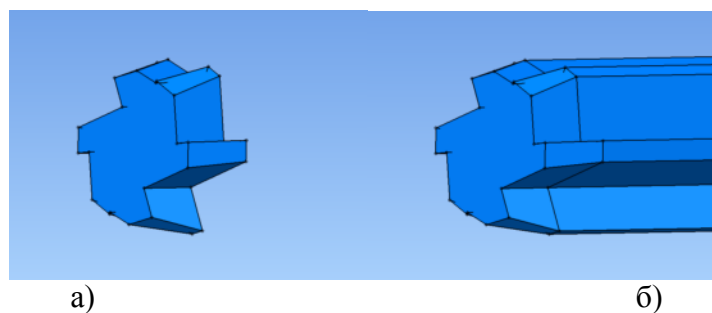


Рис. 3. Получение профиля режущей части развертки

Последним этапом построения является добавление требуемого хвостовика к полученной развертке (рис. 4), тип и размеры хвостовика зависят от типа и размера рассчитываемой развертки.

Все перечисленные выше этапы построения реализованы с помощью макросов. За построение точек контура развертки отвечает макрос `create point x, y, z`, `CREATE LINE CONTINUOUS` – создание линии, `create surface create surface AutoSurf` – создание поверхности из заранее выбранных линий, `create surface Extrusion` – создание поверхности выталкиванием. В связи с тем, что текст макросов довольно объемный, в качестве примера приведем лишь небольшую часть (рис. 5).

В результате был разработан программный модуль, который на основании исходных данных: материал инструмента, физико-механических свойств обрабатываемой

заготовки, значений геометрических параметров инструмента, позволяет автоматически получить твердотельную модель инструмента в среде приложения Delcam PowerSHAPE. Что в конечном итоге значительно сокращает сроки проектирования инструмента.

Отличительной особенностью информационных технологий компании Delcam является возможность моделировать детали любой геометрической сложности, проектировать технологические процессы как для традиционных 2,5- и 3-координатных схем фрезерования, так и для многокоординатной фрезерной обработки с ЧПУ, учитывая особенности силового и высокоскоростного фрезерования.

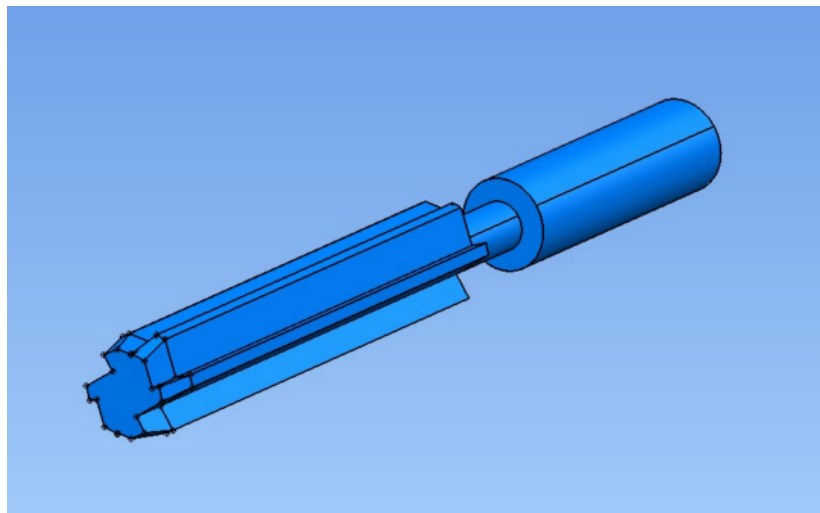


Рис. 4. Общий вид спроектированной развертки

```
create point  
5,0 0, 0,  
1,2941 4,8296 0,  
-3,5355 3,5355 0,  
-5,0 0, 0,  
-1,2941 -4,8296 0,  
3,5355 -3,5355 0,  
4,9164 -0,7956 0,  
2,4144 4,3996 0,  
-2,4144 -4,3996 0,
```

Рис. 5. Фрагмент текста макроса

Таким образом, в дальнейшем за счёт использования других программных продуктов компании Delcam (в частности PowerMILL), предполагается разработать наиболее экономически выгодную стратегию изготовления развёрток с различными конструктивными и геометрическими параметрами.

Список литературы: 1. Кунву Ли Основы САПР CAD/CAM/CAE / Кунву Ли – СПб: Питер, 2004. – 560с. 2. Малышко И.А. Основы проектирования осевых комбинированных инструментов: дисс. доктора технических наук: 05.03.01 / Малышко Иван Александрович. – Киев, 1996. – 430 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ПРОФИЛЯ СПИРАЛИ ГИБКОГО ШНЕКА ДЛЯ
ТАНСПОРТИРОВКИ СЫПУЧИХ СРЕДМихайлов Д.В., Титарев А.С. *(каф. теор. Мех. ДГТУ г. Ростов-на-Дону, Россия)*

Винтовые конвейеры отлично себя зарекомендовали, благодаря своей надежности, простоте и невысокой себестоимости транспортировки. Однако, конструкция «жестких» шнеков допускает транспортировку только по прямой – в горизонтальном, вертикальном или наклонном направлении, что накладывает некоторые ограничения на область их применения. При необходимости создания плоских или пространственных трасс со сложными траекториями подачи материала требуется разбивка конструкции винтового конвейера на прямые участки, что делает его громоздким, металлоемким, и как следствие – дорогостоящим. К тому же, крупные габариты сложных трасс на основе «жестких» шнеков не позволяют использовать их на производственных площадях с плотной компоновкой оборудования. Для решения этой проблемы и были созданы гибкие шнеки, которые позволяют транспортировать материал по наиболее оптимальной траектории, имеют минимальную металлоемкость и занимают минимальное пространство. Однако конструкция спирального конвейера негативно сказывается на его производительности.

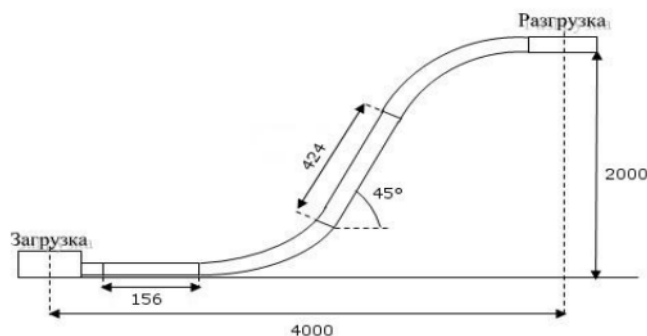


Рис. 1. Схема гибкого шнека

Наиболее целесообразным способом увеличения производительности представляется оптимизация формы спирали, так как она не сопряжена с высокими энерго и трудо затратами.

На основании имперически выведенной формулы (1) определяющей производительность односпирального гибкого шнека. Была произведена оптимизация профиля спирали гибкого транспортера.

$$Q = 13,56 \cdot 10^{-3} a^2 \varphi \left[\frac{u_{cp} \alpha_2 - u_0 \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \frac{sh^2 \alpha_2 - sh^2 \alpha_1}{sh^2 \alpha_1 sh^2 \alpha_2} + \frac{u_0 - u_{ct}}{\alpha_2 - \alpha_1} \left(\frac{h}{a} + \frac{\alpha_1}{\sin^2 \alpha_1} - \frac{\alpha_2}{\sin^2 \alpha_2} \right) \right] +$$

$$+ 12,98 \cdot 10^{-3} \frac{\alpha^2 \varphi}{sh(\alpha_2 - \alpha_1)} \times \left[\begin{aligned} & (u_0 ch \alpha_1 - u_{cm} ch \alpha_2) \left(\ln th \frac{\alpha_2}{2} - \ln th \frac{\alpha_1}{2} \right) - \\ & - (u_{cm} sh \alpha_2 - u_0 sh \alpha_1) \frac{sh \alpha_1 - sh \alpha_2}{sh \alpha_1 sh \alpha_2} \end{aligned} \right] \quad (1)$$

где u_0 - скорость осевого перемещение слоя материала прижатого к спирали, u_{ct} - скорость скольжения сыпучего материала по кожуху, φ - коэффициент заполнения шнека.

На рисунке представлена упрощенная форма профиля, представляющая собой прямоугольник, скругленный в области контакта спирали с кожухом транспортера.



Рис. 2. Упрощенный профиль сечения спирали гибкого тарнспортёра

Придание такой формы транспортирующей спирали, позволяет увеличить контакт материала с поверхностью пружины, а у пружины с кожухом контакт уменьшить. Увеличение производительности гибкого шнека происходит за счет увеличения скорости вращения частиц вследствие увеличения контакта, что увеличивает и горизонтальную скорость среды, т.е. усиливается "Явление переноса". Скругление в месте контакта позволяет уменьшить площадь взаимодействия с кожухом, что позитивно сказывается на износостойкости.

Расчет показывает что, данная форма профиля спирали позволяет увеличить производительность спирального транспортера на 14 % при неизменности остальных параметров. Так же стоит отметить тот факт, что полученная спираль в процессе своей работы не испытывает напряжений и деформаций негативно сказывающихся на ее работе. На рис. 3 изображено Напряженно-деформированное состояние при 500 об./мин.

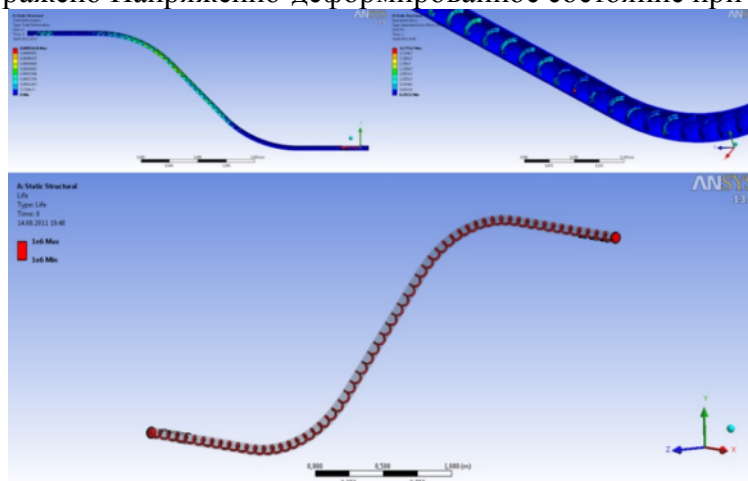


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние модифицированного спирального шнека

Видно, что напряжения не достигают предела текучести, а спираль выдерживает 1 000 000 циклов запуска остановки.

Список литературы: 1. Михайлов С.Н., Преображенский П.А. Спирально-винтовые транспортеры (гибкие шнеки) и смесители. Казань, 1970. 2. D. Kadau, G. Bartels, L. Brendel, D.E. Wolf Contact dynamics simulations of compacting cohesive granular systems//Computer Physics Communications. 2002.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА ПРОНИ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ****Мишугова Г.В. (ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)**

Анализ механических колебаний необходим для получения важной информации о состоянии машинного оборудования, имеющего вращающиеся части. В качестве вращающихся частей будем рассматривать подшипники качения. Подшипники качения служат в качестве опор и фиксируют положение валов в машине и, следовательно, именно подшипники воспринимают большую часть статических и динамических усилий, возникающих в работающем механизме. Чаще всего неисправности подшипников качения возникают вследствие увеличения неровностей обойм или вращающихся элементов. Со временем неровности расширяются и, если подшипники служат достаточно долго, износ может стать более равномерным.

Общая постановка задачи обнаружения эксплуатационных дефектов базируется на том, что с развитием деградиационного процесса в оборудовании наблюдается изменение формы волны вибрационного процесса. При развитии деградиационных процессов в подшипниках наблюдается рост амплитуды выбросов сигнала с одновременным ростом их числа в единицу времени.

Неисправность подшипников качения может быть выявлена до их выхода из строя. В статье рассматривается эффективность метода Прони [1, 2] при диагностировании технического состояния подшипников качения на основе анализа вибрационных сигналов.

На рис. 1 представлены графики временных сигналов виброускорения тестовой установки в бездефектном и дефектном состоянии подшипника качения. При развитии деградиационных процессов в подшипниках наблюдается рост амплитуды выбросов сигнала с одновременным ростом их числа в единицу времени.

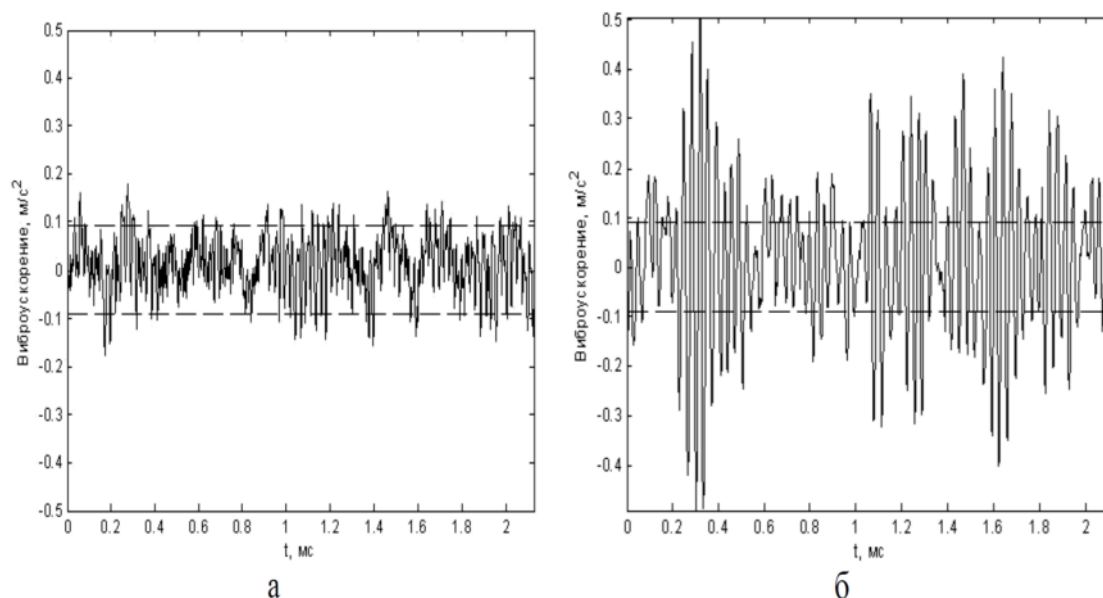


Рис. 1. Графики вибросигналов: а – бездефектный подшипник,
б – подшипник с дефектом

Пунктирные линии на рис. 1 проведены на уровне $1.7\sigma_n$ (где σ_n – стандартное отклонение от среднего эталонной вибрации бездефектного подшипника). Они определяют порог вибросигнала по амплитуде.

При работе подшипника с внутренними дефектами во временном вибросигнале появляются характерные составляющие, гармоники, с собственными частотами, по которым можно достаточно корректно выявить место нахождения дефекта [3, 4]. Численные значения частот этих составляющих зависят от соотношения геометрических размеров подшипника и оборотной частоты вращения ротора механизма.

В нагруженном подшипнике можно дифференцировать четыре основные, характерные, применяемые для диагностики частоты - внешней обоймы подшипника, внутренней обоймы, частоты сепаратора и частоты тел качения.

Частота перекатывания тел качения по внешней обойме (часто в литературе обозначаемая BPFO):

$$F_O = \frac{N_1}{2} \cdot F_1 \left(1 - \frac{D_1}{D_c} \cos \phi \right)$$

где: N_1 - количество тел качения в одном ряду подшипника; F_1 - оборотная частота вращения ротора; D_1 - диаметр тела качения; D_c - средний диаметр сепаратора; ϕ - угол контакта тела качения с обоймой.

Частота перекатывания тел качения по внутренней обойме (BPFI):

$$F_I = \frac{N_1}{2} \cdot F_1 \left(1 + \frac{D_1}{D_c} \cos \phi \right)$$

Частота сепаратора (FTF):

$$F_c = \frac{1}{2} \cdot F_1 \left(1 - \frac{D_1}{D_c} \cos \phi \right)$$

Частота перекатывания тел качения (BSF):

$$F_k = \frac{1}{2} \cdot F_1 \frac{D_1}{D_c} \left(1 - \frac{D_2}{D_{c2}} \cos 2\phi \right)$$

Формулы для расчета подшипниковых частот удобны и полезны для использования в диагностике, но достоверность диагностики с их использованием может быть не высокой. Достаточно часто даже при наличии в подшипнике явного дефекта в вибросигнале характерные частоты могут полностью отсутствовать, иметь сдвиг по частоте, или иметь очень малый уровень.

Параметры сигнала могут быть определены по его спектру, вычисляемого через преобразование Фурье [1, 3] Однако, этому преобразованию присущи существенные недостатки: искажение частотной информации из-за эффекта конечной длины и, как следствие, искажение спектра.

Метод Прони наилучшим образом соответствует задаче измерения параметров сигналов по критерию трудоемкости, а также на основании того факта, что модель, заложенная в методе, – сумма комплексных экспоненциальных составляющих:

$$y_i = \sum_{j=1}^{2p} U_j e^{\sigma_j} \left| \frac{dt}{dt} \right| e^{j(2\pi f_j t + \varphi_j)}$$

Метод Прони тесно связан с алгоритмами линейного предсказания по методу наименьших квадратов, используемыми при спектральном оценивании на основе моделей авторегрессии. В отличие от стохастических параметрических АРСС – моделей, в методе Прони для аппроксимации данных используется детерминированная экспоненциальная модель, вычисление спектральной плотности энергии (СПЭ) которой и составляет суть спектральной интерпретации метода Прони.

Периодограммную оценку спектральной плотности мощности (СПМ) считаем эквивалентной среднеквадратичной аппроксимации данных с помощью ряда Фурье, т.е. гар-

монического набора комплексных синусоид. Пусть для N отсчетов данных $x[0], \dots, x[N-1]$, разделенных интервалом T , аппроксимирующая последовательность:

$$\hat{x}_n = \sum_{m=0}^{N-1} a_m e^{2\pi i f_m n T}, \quad n = 0, \dots, N-1,$$

$$a_m = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-2\pi i f_m n T}, \quad n = 0, \dots, N-1,$$

где

если коэффициенты a_m определяются из условия минимизации суммарной среднеквад-

$$\sum_{n=0}^{N-1} |x_n - \hat{x}_n|^2$$

ратичной ошибки аппроксимации, а частоты f_m гармонически связаны между собой:

$$f_m = \frac{m}{NT}, \quad m = 0, \dots, N-1.$$

Таким образом, в гармонической модели частоты и число синусоид задаются заранее, поэтому необходимо оценивать только мощность этих синусоидальных составляющих на основе соотношения

$$|a_m|^2 = \left| \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \exp(-j2\pi f_m n T) \right|^2, \quad m = 0, \dots, N-1,$$

соответствующего вычислению СПМ дискретной периодограммы.

Негармоническая модель, используемая в методе Прони, требует оценки не только мощности, но и числа синусоид и их частот. С другой стороны, гармоническая модель наблюдаемых данных предполагает их периодическое продолжение вне интервала наблюдения, что далеко не всегда соответствует реальному поведению процесса и связано с отрицательным проявлением эффектов окна. В негармонической модели Прони искажающее действие окна исключено, поэтому точность оценки СПМ по сравнению со стандартным подходом на основе преобразования Фурье значительно улучшается.

По данным компьютерного эксперимента получены оценки СПМ вибросигнала подшипника с дефектом. Уровень дефекта определяется порогом вибросигнала по амплитуде и равен 1.7 Гц, что соответствует частоте дефекта в подшипнике.

Достоинства метода:

- достаточно высокая помехозащищенность (маловероятно наличие в механизме источников, создающих вибрации на тех же точно частотах, что и дефекты подшипника);

- информативность метода высокая. Имеем возможность получить дифференцированную оценку состояния подшипника отдельно по каждому его кинематическому узлу, поскольку они генерируют разные частотные ряды в спектре.

Недостатки метода:

- метод малочувствителен к зарождающимся и слабым дефектам. Это связано с тем, что подшипник в подавляющем большинстве механизмов является очень маломощным источником вибрации. Другими словами, небольшой скол на шарике или дорожке не в состоянии заметно качнуть механизм, чтобы мы увидели эту частотную составляющую в спектре вибрации. И только при достаточно сильных дефектах амплитуды этих частотных составляющих начинают заметно выделяться над общей шумовой частью спектра.

Список литературы: 1. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990, 584 с. 2. Мясникова, М. Г. Преобразование Прони в задаче измерения параметров гармонических сигналов в шумах / М. Г. Мясникова, Б. В. Цыпин, П. Г. Михайлов // Датчики и системы. – 2007. – № 4. – С. 19-22. 3. Русов В.А. "Спектральная вибродиагностика" – Пермь, 1996 г. 174 с. 4. Давыдов В.М., Жуков Р.В. Особенности технической диагностики поршневых компрессорных машин // Статья помещена на сайте www.vibration.ru 03.10.2002.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ И ТЕПЛОМАСООБМЕНА В ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ*

Перепелицын Ю.А., Цымбалов Д.С., Ладоша Е.Н. (ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Основанные на физических соображениях детальные модели рабочего процесса поршневых двигателей внутреннего сгорания (ПДВС) выражаются посредством системы жестких нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) высокой размерности [1]. Численное интегрирование таких уравнений представляет серьезную научную проблему [2], а их составление, требующее исключительной аккуратности, неизбежно сопровождается множественными ошибками в компьютерных программах объемом $\sim 10^5$ строк. Существенно, что результирующий программный код нуждается в кардинальной переработке даже при минимальном изменении кинетической схемы горения моторного топлива.

Проблема решается посредством автоматизации программирования, в частности, созданием т.н. *генераторов моделей* (ГМ). Этим термином обозначаются программные средства, позволяющие: 1) получать, хранить, сортировать, изменять, уточнять и т.д. теоретические и/или эмпирические данные; 2) агрегировать фактическую, теоретическую и эвристическую информацию, формируя на выходе исполняемый компьютерный код; 3) планировать и реализовывать предметный вычислительный эксперимент (ВЭ).

В развиваемых нами моделях [3] горение моторных топлив описывается совокупностью ~ 400 микроскопически обратимых элементарных реакций посредством системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dX}{dt} = f(X) + S(X, t), \quad (1)$$

где $X(t) \equiv \{c_1(t), c_2(t), \dots, T(t)\}$ — псевдовектор, объединяющий концентрации компонентов c_i , см^{-3} , и температуру T , К; t — время, с; f — скорость изменения термохимических параметров заряда, $\{\text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}, \text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}, \dots, \text{К} \cdot \text{с}^{-1}\}$; S — темп обмена термохимическими параметрами между зарядом и «резервуаром», $\{\text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}, \text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}, \dots, \text{К} \cdot \text{с}^{-1}\}$. Поэтому целью данной работы выбрано создание эффективного генератора правых частей системы (1). Естественными прототипами разработки послужили генераторы системы уравнений, отвечающих классической прямой задаче химической кинетики *БАНКОН* [4] и *КИНКАТ* [5]: такая система проще, чем (1), поскольку в ней отсутствуют источники вещества и тепловой энергии $S(X, t) = 0$.

Структура и функционирование генератора моделей внутрицилиндровых процессов в ПДВС *АВТОКОД* показаны на рис. 1. Система *АВТОКОД* превосходит прото-

* Работа выполнена при поддержке Фонда ALCOA.

типы [4-5] за счет реализации следующих функций: 1) генерации термохимически согласованных кинетических модулей; 2) генерации моделей неоднородных реагирующих газов с турбулентным перемешиванием; 3) возможности стоп-стартового интегрирования динамических уравнений в условиях сингулярных возмущений системы внезапно возникающими источниками, 4) частичной автоматизации исследований структурной и динамической устойчивости компьютерных реализаций конкретных моделей, 5) эффективной технологии выделения минимальных моделей реагирования.

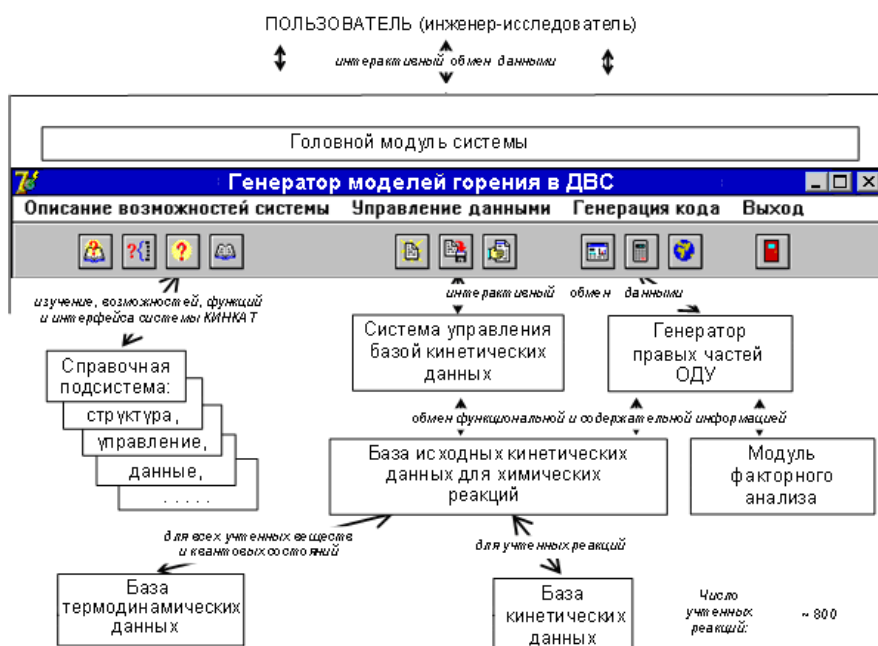


Рис. 1. Структура и функционирование генератора компьютерных моделей рабочего процесса ПДВС

Анализ якобиана генерируемых моделей горения в ПДВС (рис. 2) позволяет установить пределы детализации при описании распределенных реагирующих систем. Современные средства интегрирования жестких систем ОДУ [2] ограничивают возможности проблемного ВЭ средами, где число веществ в степени $1/2$ помноженное на число ячеек с параметрически однородной средой меньше ста ($I^{1/2}J \leq 100$).



Рис. 2. Структура якобиана в модели внутрицилиндровых процессов ПДВС

Усовершенствование методики отбора ведущих реакций в сочетании явлениями переноса обусловлено необходимостью учитывать обратимость каждого элементарного химического акта. Выбор главных реакций реализован посредством двухэтапной процедуры: на предварительной стадии ранжированием и делением упорядоченного списка пополам отсеиваются второстепенные реагенты и соответственно все реакции с их участием, а на завершающей – малосущественные обратимые реакции между оставшимися значимыми реагентами.

Роль отдельных веществ в кинетике превращений определяется величиной интегрального показателя Ляпунова

$$L_i = \langle \lambda_i \rangle = \left| \frac{t_2}{t_1} \right|^{-1} \int \left| f_i^f(c_j, T)/c_i - f_i^b(c_j, T)/c_i \right| d \ln t. \quad (2)$$

Реагенты, для которых величина L_i максимальна по модулю и отрицательна, наименее интересны в динамическом отношении и первыми претендуют на исключение из схемы превращений. На втором этапе факторного анализа важность отдельных реакционно-транспортных каналов отслеживается посредством следящих функционалов (СФ). В генераторе *АВТОКОД* эти функционалы унаследованы от системы *КИНКАТ* [5].

Практически наша разработка кардинально облегчает ВЭ с моделями рабочего процесса ПДВС, сводя его к чередованию существенно автоматизированных процедур синтеза и анализа конкретных компьютерных реализаций модели (1) в соответствии со схемой рис. 3.

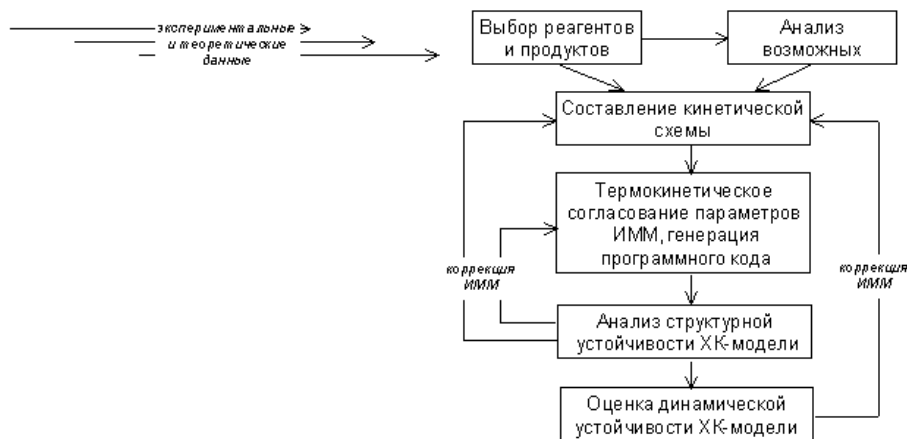


Рис. 3. Составление моделей ПДВС при помощи генератора *АВТОКОД*

Список литературы: 1. Бакулин В.Н., Ладоша Е.Н., Потопахин В.А., Яценко О.В. Моделирование кинетики неравновесных физических процессов и реакций в многокомпонентном турбулентном заряде поршневых двигателей внутреннего сгорания // Мат. моделирование. – 2007. – Т. 19. – № 12. – С. 81-97. 2. Gear C.W. Numerical Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations. Prentice-Hall Englewood Cliffs. – N.-J.: 1969. – 207 p. 3. Ладоша Е.Н., Яценко О.В., Цымбалов Д.С. Системная имитация динамики поршневого ДВС: фазовые переходы, турбулентность и перенос, химические реакции, теплообмен / Свид. об офиц. регистрации ПрЭВМ № 2009615832. – М.: РОСПАТЕНТ, 2009. 4. Губанов Е.В., Дорошенко В.М., Жильцов Д.Е. и др. Автоматизированные системы расчета химических и оптических свойств плазмы в задачах высокотемпературной газовой динамики. – М.: ИВТАН РАН, 1992. – Препр. №1-344. – 27 с. 5... Давлетшин Р.Ф., Яценко О.В. КИНКАТ – автоматизированная система разработки сложных радиационно-кинетических моделей / Межвед. сб.: Мат. моделирование процессов управления и обработки информации. – М.: МФТИ, 1993. – С. 113-123.

МОДЕЛИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ И ИСПАРЕНИЯ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЯХ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ
С ЦЕЛЬЮ НОРМАЛИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ АВТОСЕРВИСОВ*

Радченко Е.Ф., Цымбалов Д.С. (ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Чтобы ослабить вредное воздействие отработавших газов (ОГ) на работников автосервисов, двигателестроительных и ремонтных заводов требуется на научной основе совершенствовать методики обкатки, регулирования и технического обслуживания дизелей. Определение стратегии и конкретных мер защиты персонала основывается на знаниях химического состава ОГ, характера воздействия токсичных компонентов на человека и ограничивается практическими возможностями сократить их выброс в условиях перечисленных производств [1,2]. Критичным фактором здесь является конструкция и/или техническое состояние топливной системы [1-3].

Предлагаемая нами иерархия моделей «впрыска – дробления струи – испарения», характеризующихся различной подробностью, выражается уравнениями:

$$\text{Массовая скорость впрыска} - G(t) = (2P_f/\rho)^{1/2} \mathcal{G}(t), \quad (1)$$

$$\text{Распределение капель по размерам} - F_{R-R}(\Lambda) = \alpha \Lambda^2 \exp(-\gamma \Lambda^3), \quad (2)$$

$$\text{Показатель диспергирования} - \gamma = 3 \cdot 10^{-4} [\rho u^2 / \sigma_{\text{пов}}]^3, \quad (3)$$

$$\text{Коэффициент поверхностного натяжения} - \sigma_{\text{пов}} = \sigma_{\text{пов}}^0 (1 - T/T_{\text{кр}})^{11/9}, \quad (4)$$

$$\text{Динамика испарения капли} - d\Lambda/dt = -k_{\text{исп}} \Lambda^{-1}, \quad (5)$$

$$\text{Коэффициент испарения (диффузии паров)} - k_{\text{исп}} = 5 \cdot 10^{-5} \mu^{-1/2} T^{7/4} / P, \quad (6)$$

$$\text{Кинетика газификации топлива} - \partial f / \partial t - k_{\text{исп}} / 2 \Lambda \partial f / \partial \Lambda = F(\Lambda, t), \quad (7)$$

$$\text{Средняя масса капель} - \langle m(t) \rangle = \rho [\xi G(t)]^6, \quad (8)$$

$$\text{Динамика массы жидкой фазы} - dM/dt = G(t) - 3/2 k_{\text{исп}} (\rho \langle m(t) \rangle)^{2/3} M, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Динамика впрыска} - \sum A_i (\alpha_i + 1) (t - t_i)^{\alpha_i / \Delta t_i^{\alpha_i + 1}} \exp\{-(t - t_i) / \Delta t_i^{\alpha_i + 1}\} \times \\ \times \text{sign}(t - t_i). \end{aligned} \quad (10)$$

В формулах (1)-(10) t – время; ρ – плотность; $\mathcal{G}(t)$ – проходное сечение (форсунок); P_f – давление впрыска; Λ – диаметр капель; γ – наиболее вероятный обратный размер капель; u – скорость струи (при впрыске); $\sigma_{\text{пов}}$ – коэффициент поверхностного натяжения топлива; T и $T_{\text{кр}}$ – соответственно фактическая и критическая температура; $k_{\text{исп}}$ и μ – соответственно коэффициент диффузии паров и средний молекулярный вес топлива; P – давление; $f = f(\Lambda, t)$ – функция распределения капель по размерам; $F(\Lambda, t)$ – закон (динамика) топливоподачи; ξ – коэффициент, характеризующий распыливающее устройство; $M(t)$ – масса жидкой фазы топлива; A_i , α_i , t_i и Δt_i – коэффициенты аппроксимирующей $G(t)$ зависимости.

Для оценки адекватности наших моделей проанализируем результаты расчетов. Объектом моделирования выбран тепловозный дизель рабочим объемом $20 \cdot 10^3 \text{ см}^3$, частотой вращения коленвала 15 с^{-1} , цикловой подачей топлива $G_{\Sigma} \sim 1 \text{ г}$ в течение $\Delta t \sim 4 \text{ мс}$. Характерный диаметр капель топлива в момент распыла составляет 50 мкм , константа испарения $k_{\text{исп}}$ порядка $10^{-2} \text{ см}^2/\text{с}$. Отвечающая выбранным параметрам динамика впрыска – распыливания капель представлена на рис. 1, а-в. Данные рис. 1 подтверждают известный факт: качество смесеобразования сильно зависит от длительно-

* Работа выполнена при поддержке Фонда ALCOA.

сти и характера переходных участков впрыска, особенно при завершении цикла топливopодачи [3-5].



Рис. 1. Количественные характеристики впрыска топлива в тепловозном дизеле:
а и б – массовая и «капельная» подача топлива, в – средняя масса капель

Приведенные на рис. 2, а-б результаты компьютерных экспериментов с моделями (1)-(10) свидетельствуют о квазистационарности среднего размера капель в камере сгорания. Так нашими расчетами подтверждается справедливость использованных в работе [6] упрощенной модели испарения, основанной на предположении о постоянстве среднего размера капли и выражаемой единственным обыкновенным дифференциальным уравнением (ОДУ). Погрешность расчета динамики газификации топлива в рамках упрощенной модели [6]. не превышает 20÷30%.

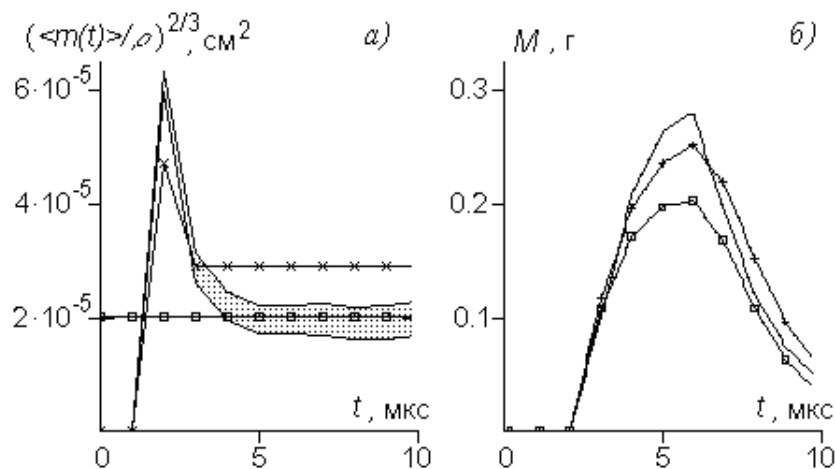


Рис. 2. Средний размер испаряющихся капель (а) и масса жидкого топлива (б) в тепловозном дизеле, рассчитанные в рамках различных моделей испарения: сплошные линии без маркеров – детальная модель данной работы; заштрихованный на фрагменте а коридор соответствует интервалу $\langle m^{2/3} / \rho \rangle \div \langle m / \rho \rangle^{2/3}$; \times – описание при помощи редуцированной модели из двух ОДУ; \square – посредством единственного ОДУ

Примечательно, что сопоставляемые модели, несмотря на различную степень детальности, демонстрируют универсальное поведение в части зависимости доли испаренного топлива от качества распыливания ξ и легкости испарения $k_{\text{исп}}$. Соответствующие данные приведены на рис. 3, а-в. Из них, в частности, следует, что неполнота испарения, а в результате и сгорания сильно зависит как от качества распыливания. (в ус-

ловиях модельных расчетов пределом отношения $\partial \ln M_{\text{остат}} / \partial \ln \xi$ служит -1), так и от транспортных свойств рабочего тела ($\partial \ln M_{\text{остат}} / \partial \ln k_{\text{исп}} \rightarrow 2$).

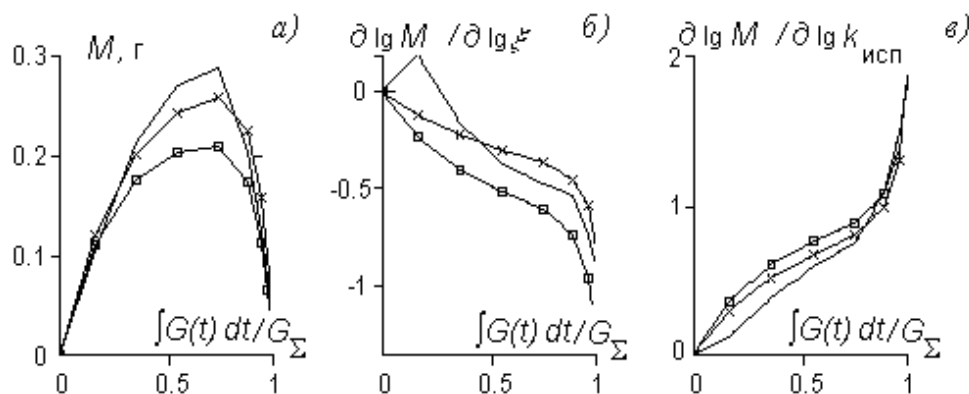


Рис. 3. Динамика жидкой фазы в епловозном дизеле и ее связь с качеством диспергирования струи и транспортными свойствами рабочего тела

Качественное и количественное согласие динамики испарения в рамках моделей различной подробности заметно облегчает конструирование совокупной модели внутрицилиндровых процессов – за счет определенной свободы при выборе математической структуры данного элемента. Отмеченное обстоятельство служит также строгим научным обоснованием упрощенного описания испарения посредством одного ОДУ, применявшегося в работе [6].

При углубленном рассмотрении перемешивания компонентов в заряде ДВС следует учитывать, что соответствующие процессы нельзя отделить от собственно горения: оба явления представляют собой некоторые аспекты мезодинамики заряда, обычно называемой турбулентностью. Как впрыск, сопровождающийся распадом струй и испарением жидкости или возникновением некоторых непотенциальных течений молярных масштабов, так и динамически неустойчивый фронт пламени служат источниками турбулентности – вихрей главного масштаба. Взаимодействие механических, физических и химических процессов проявляется здесь через диссипативный или каскадный энергообмен. И наоборот, нелинейность реакционных и др. свойств рабочего тела способствует активации разномасштабных вихревых потоков. Определенному влиянию со стороны названных эффектов подвергаются и процессы смесеобразования. Однако в силу структурной устойчивости моделей распыливания – испарения это влияние не представляется принципиальным.

Список литературы: 1. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Академический проект, 2004. – 400 с. 2. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.–376с. 3. Астахов И.В. и др. Подача и распыливание топлива в дизелях. – М.: Машиностроение, 1971. – 359 с. 4. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия, 1984.– 256 с. 5. Шаулов Ю.Х., Лернер М.О. Горение в жидкостных ракетных двигателях. – М.: Оборонгиз, 1961. – 196 с. 6. Яценко О.В., Ладоса Е.Н., Холодова С.Н., Гирш Д.С. Комплексная оценка токсичности транспортных двигателей внутреннего сгорания: система детальных моделей и результаты вычислительного эксперимента // Изв. Вузов. Машиностроение. 2006. № 3. С. 36-46.

СТВОРЕННЯ ВЛАСНИХ БІБЛІОТЕК У КОМПАС-3D

Фролов О.П., Гайдар О.Г. (ДонНТУ, м. Донецьк, Україна)

Прикладні бібліотеки полегшують життя проектувальникам, але яким би великим не був набір бібліотек до графічної системи, він однаково не зможе охопити всю множину різних галузей промисловості та повною мірою задовольнити вимоги усіх категорій користувачів. Це характерно не тільки для інженерної графіки, моделювання або автоматизації виробництва. Спектр завдань конструювання став настільки великим, що рішення деяких з них як стандартними, так і прикладними засобами може забирати багато часу і бути нераціональним, а іноді навіть неможливим.

Більшість підприємств, що використовують, КОМПАС-3D, зайняті важким машинобудуванням, а менша частина іншим обладнанням. Тому розробники прикладних бібліотек для КОМПАС-3D (як і самого КОМПАС-3D) у першу чергу орієнтуються на тих, хто проектує машинобудівні агрегати. Що ж робити тим підприємствам і проектним організаціям, яких не влаштовують стандартні прикладні бібліотеки. Це завдання можна розв'язати за допомогою створення власних бібліотек.

Створити власну бібліотеку можна декількома способами [1]:

1) організував бібліотеку фрагментів (ескізів) або моделей на основі базових можливостей системи КОМПАС-3D;

2) створив бібліотеку шаблонів за допомогою спеціального додатка - Менеджера шаблонів;

3) використав спеціальне макросередовище Компас-Макро для підготовки користувацького додатка;

4) застосував інструментальні засоби Компас-Майстер, тобто написати (створити за допомогою програмування) власну бібліотеку необмеженої складності.

Вибір відповідного варіанта залежить від поставлених цілей, від уявлення про майбутню бібліотеку і можливостей проектувальника.

Для створення бібліотек фрагментів не потрібно будь-яких спеціальних навичок, окрім вміння працювати у КОМПАС-3D. За допомогою таких бібліотек кожен проектувальник може систематизувати набір елементів, які найбільше використовує, щоб полегшити доступ до них при розробці нових креслень або моделей. Для створення бібліотеки фрагментів потрібно у вікні “Менеджера бібліотек” скористатися командами контекстного меню “Додати опис → Бібліотеки документів”. У наступному діалоговому вікні слід вибрати тип файлу: Компас-Бібліотеки фрагментів (*.lfr), якщо ви створюєте сховище для креслень або ескізів, або Компас-Бібліотеки моделей (*.l3d) - для наповнення майбутньої бібліотеки 3D-Моделями. Після цього у вікні “Менеджера бібліотек” повинна з'явитися ваша бібліотека, але поки ще порожня (рис. 1). Після запуску до неї можна додавати фрагменти та моделі за допомогою команд контекстного меню (рис.2). Бібліотеки фрагментів прості у створенні та застосуванні, а з появою нових версій КОМПАС-3D не потрібно змінювати їхню структуру, а досить завантажити старий файл бібліотеки в “Менеджер бібліотек”.

Недоліком подібних бібліотек є обмеженість їх функціональних можливостей. Автоматизація таких бібліотек досягається тільки за рахунок параметризації об'єктів, якими ви наповнюєте додаток, а бібліотека лише прискорює процес пошуку і вставки потрібного графічного елемента в документ і забезпечує кращі умови для їхнього зберігання (не в окремих файлах, розкиданих по жорсткому диску, а впорядковано, у

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

єдиному файлі-бібліотеці). Більш широкі можливості, у порівнянні з бібліотеками фрагментів, мають бібліотеки шаблонів КОМПАС-3D.

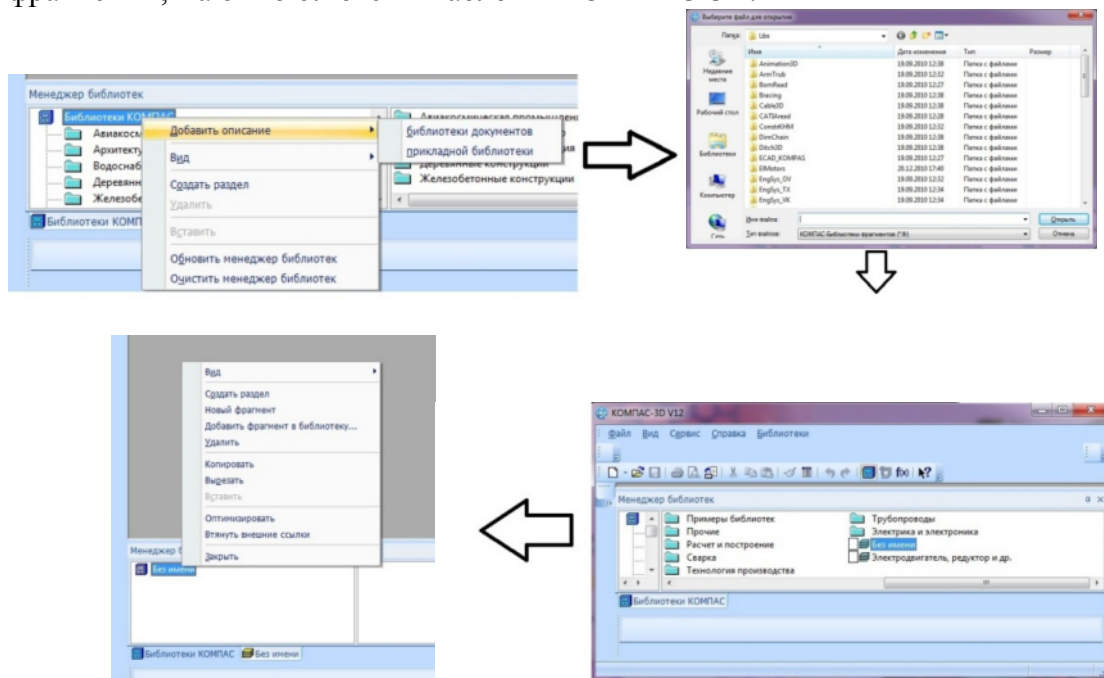


Рис.1. Порядок створення бібліотеки фрагментів

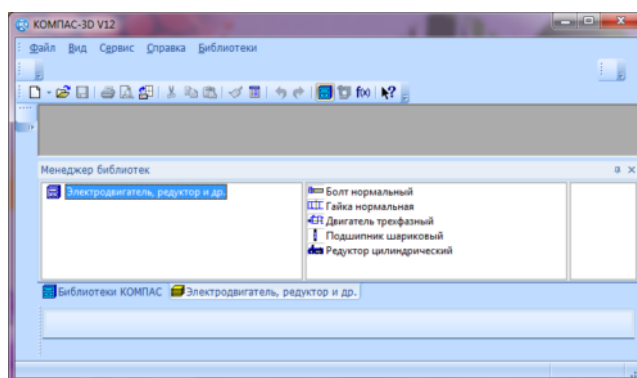


Рис.2. Пример библиотеки фрагментов

Бібліотека шаблонів - це прикладна бібліотека, що складається з базового параметризованого креслення або тривимірної моделі, таблиці змінних, набраної відповідно до деяких правил у табличному редакторі MS Excel, і схеми - документа КОМПАС-3D або рисунка, що містить імена змінних. Бібліотека являє собою файл із розширенням *.tln, за допомогою якого змінним параметризованого фрагмента або деталі ставляться у відповідність значення, набрані в Excel-Таблиці. Для створення бібліотек шаблонів призначений спеціальний додаток за назвою "Менеджер шаблонів".

Розробку шаблону слід починати зі створення його прототипу (фрагмента або деталі) [2], користуючись стандартними засобами Компас-Графік або КОМПАС-3D. Потім необхідно призначити всі змінні, які ви плануєте вводити в таблиці Excel. Наступним кроком є створення таблиці значень (рис. 2). Ця таблиця формується в редакторі Excel і включає назви зовнішніх параметризованих змінних, відмітки

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

видимості колонок значень у “Менеджері шаблонів”, конкретні значення або їх інтервал для кожної змінної та ін. Правила заповнення таблиць до шаблонів перебувають у файлі-довідці і прикладах, що поставляються разом з бібліотекою шаблонів. Схемою параметрів може бути будь-який графічний файл системи КОМПАС-3D або файл-рисунок у форматі *.bmp, *.gif або *.jpg.

Усі три вище розглянуті компоненти потрібно зібрати в єдиний додаток. Для цього, користуючись командою “Нова бібліотека”, слід указати назву майбутньої бібліотеки й папку, де вона буде розміщена. Далі необхідно оформити внутрішню деревоподібну структуру бібліотеки, тобто розділи та підрозділи, у яких будуть перебувати підготовлені вами шаблони. Завершальний етап підготовки бібліотеки - це наповнення розділів відповідними шаблонами. Для чого слід скористатися командою “Створити шаблон”. Після її виклику з'явиться невелике віконце, у якому для кожного шаблону потрібно ввести ім'я, вказати файл з параметризованим фрагментом або моделлю, файл таблиці параметрів Excel і заставку (необов'язково). По завершенню усіх цих дій бібліотека шаблонів повністю готова до роботи. Можна завантажувати певний шаблон, вводити значення змінних і вставляти готову деталь або фрагмент у документ (рис. 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Библиотека шаблона	D2	D3	D4	L1	N	DIM	AXIS
2	D1	D2, мм	D3, мм	D4, мм	L1, мм	N, шт	Размеры	Осевые
3	D1, мм	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	False	True
4	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	False	True
5	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	False	True
6	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	CONDITION	False	True
7	80	32	8	56	12	6	0	1

Рис. 3. Пример заполнения таблицы Excel.

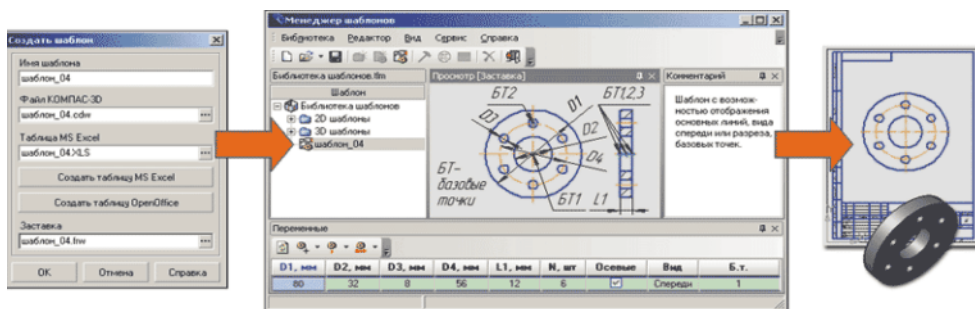


Рис. 4. Порядок створення бібліотек шаблонів

Використання бібліотек шаблонів дає можливість вставки в документ не всього фрагмента, а окремих його частин, а також наявність низки дискретних значень для змінної, що виключає введення або вибір користувачем помилкових значень. Змінні шаблонів можуть бути різних типів, у тому числі логічні і строкові, а в розмірних написах фрагмента-заготовки нескладно резервувати змінні для текстових підстановок. Головним же перевагою бібліотек шаблонів є те, що при використанні шаблону не доводиться змінювати вручну параметризовані змінні, як це робилося б при вставці фраг-

мента або моделі з бібліотеки фрагментів. При вставці об'єкта в активний документ "Менеджер шаблонів" сам подбас про те, щоб підставити потрібні значення з обраного користувачем ряду.

На розробку шаблонів іде більше часу і при цьому одних тільки навичок роботи з КОМПАС уже буде недостатньо - доведеться вивчити принципи роботи Менеджера бібліотек, але застосування шаблонів дає можливість досить гнучко автоматизувати створення типових елементів і разом з тим не забороняє динамічно керувати процесом формування бібліотечного елемента.

Компас-Макро - це інтегроване в систему КОМПАС-3D середовище розробки конструкторських додатків на основі мови програмування Python, який не накладає на яких обмежень на використання й поширення написаних у ньому програм. Python - один з найпростіших і зрозумілих мов програмування. При всій своїй простоті він мало в чому поступається C++ і Object Pascal (Delphi) [3].

По своїй суті Компас-Макро є звичайною бібліотекою КОМПАС-3D тільки з більшими можливостями. При створенні додатків у Компас-Макро можна користуватися функціями Компас-Майстер і спеціальними функціями макросередовища, що полегшують розробку прикладних бібліотек. Серед спеціальних функцій Компас-Макро слід зазначити функції проставляння кутових, лінійних і радіальних розмірів, функцію вставки в документ фрагмента, малювання лінії-винесення та ін. Якщо інженер володіє основами об'єктно-орієнтованого програмування, то він може розробляти потужні бібліотеки на базі КОМПАС-3D.

Як раніше було сказано, однієї з функцій Компас-Макро є Компас-Майстер. Компас-Майстер - це дуже потужний інструментальний засіб розробки бібліотек необмеженої складності, що функціонують у середовищі КОМПАС-3D. З допомогою Компас-Майстер прикладний програміст отримує доступ до всіх без винятку функцій системи. Тобто абсолютно все, що користувач може робити вручну, - будь то створення або редагування графічного документа, відкриття і закриття файлів, робота зі специфікаціями, створення таблиць, оформлення креслень, збереження файлів у різних форматах, вставка малюнків і т.д.

У цьому випадку на відміну від бібліотек фрагментів або шаблонів, вам не обійтися знаннями тільки КОМПАС-3D. Для програмування бібліотек потрібно вміти чітко формулювати завдання, яке буде вирішуватися за допомогою створюваного додатка, уявляти собі всі можливі шляхи його розв'язку, а також освоїти прийоми роботи з однієї з таких середовищ програмування, як Visual C++, Delphi, C++Builder, Visual Basic. Розроблювач повинен бути одночасно і інженером, і програмістом, володіючи при цьому чималим терпінням, щоб зробити налагодження роботи програм. Подолавши всі труднощі, можна отримати зручний і гнучкий додаток, що володіє функціональністю й інтерфейсом, які повністю задовольняють вашим вимогам. Програму можна змусити самостійно вибирати, аналізувати і обробляти необхідні дані, робити певні дії залежно від прочитаних значень, робити складні розрахунки й висновки по їхніх результатах та ін. І все це для того, щоб максимально полегшити роботу інженера, позбавити його від виконання рутинних операцій.

Список літератури: 1. Кидрук М.И. КОМПАС-3D V10 на 100% М.: ПИТЕР, 2009. - 500 с. 2. Дорн Т. Стаття Менеджер шаблонів. Журнал САПР и Графика. Октябрь 2006. 3. КОМПАС-3D V10. Руководство администратора. – АСКОН, 2008.

МОДИФИКАЦИЯ ЖЕЛОБОВ ПОДШИПНИКОВ
ДЛЯ ШАРИКОВЫХ ФРИКЦИОННЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Чанчин А.Н., (каф. ТМ и М, ОНПУ, г. Одесса, Украина)

Введение. Перспективным направлением дальнейшего развития механического привода является совершенствование шариковых фрикционных планетарных механизмов (ШФПМ), объединяющих известные преимущества механизмов фрикционных (самопредохранение от перегрузки, плавность хода, бесшумность) и эпициклических (компактность и многопоточность) с простотой конструирования и изготовления на основе стандартных высокоточных изделий серийного производства – шариковых подшипников (ШП). Каждую ступень кинематической цепи ШФПМ образуют три соосных вала (два кольца и сепаратор), в которых тела качения одновременно вращаются вокруг оси подшипника и собственных осей. В зависимости от того, какое из колец подшипника (внутреннее или внешнее) заторможено получают механизм с одной степенью свободы соответственно эпициклический либо гипоциклический при различных по величине и знаку передаточных отношениях. Применение ШФПМ в коробках скоростей станков и в динамических виброгасителях также обеспечивает возможность плавного переключения скоростей “на ходу” [1].

Постановка задачи. Критериальными условиями при проектировании ШФПМ большой и средней мощности являются предотвращение проскальзывания шариков и заданный ресурс работы, что достигается увеличением момента сил трения при минимальном значении усилия прижатия. Известно, что тороидальная форма поверхностей качения радиальных ШП с неразрезными кольцами характеризуется постоянным отношением радиуса желоба $R_{\text{ж}}$ к радиусу шарика R_w ($R_{\text{ж}}/R_w = 1,03$ для значений $R_w > 4,763$ мм), а уменьшение величины числового коэффициента приводит к повышению момента сил трения. Перспективным направлением дальнейшего повышения технического уровня ШФПМ представляется модификация геометрии рабочих поверхностей дорожек качения стандартных радиальных ШП [1].

Преимуществом эллиптического профиля желоба является возможность обеспечения начального двухточечного контакта с шариком и, в результате, существенного уменьшения максимальных контактных напряжений σ_{max} . Поскольку долговечность ШП обратно пропорциональна величине y_{max}^9 , постольку эллиптический профиль позволяет значительно увеличить срок службы подшипника, что компенсирует повышение стоимости изготовления колец с модифицированной геометрией дорожек качения [2].

Цель работы заключается в создании математической модели профиля желоба с эллиптической формой радиального сечения и технологическом обеспечении финишной обработки дорожек качения колец стандартных радиальных ШП.

Математическая модель эллиптического профиля желоба. Исходными данными для моделирования являются радиус шариков R_w , половина угла между точками начального контакта γ и радиус кривизны эллипса в точках контакта $c_k > R_w$. Результатом геометрического расчета являются размеры большой и малой полуосей эллипса a , b и аппликата центра шарика z_c .

Рассмотрено радиальное сечение ШП (рис. 1). Уравнения окружности радиуса R_w для контура шарика с центром в точке C_1 , и эллипса, образующего профиль желоба, в декартовой системе координат XYZ представлены в форме

$$x^2 + (z - z_c)^2 = R_w^2; \quad \frac{z^2}{a^2} + \frac{x^2}{b^2} = 1. \quad (1)$$

Координаты точки K_1 начального контакта определяют из уравнений

$$x_K = R_w \sin \gamma, \quad z_K = z_c + R_w \cos \gamma. \quad (2)$$

В точках начального контакта K_1 и K_2 касательные к окружности и эллипсу соответствуют уравнениям

$$x - x_K = f'(z)(z - z_K); \quad \frac{z \chi_K}{a^2} + \frac{x \chi_K}{b^2} = 1, \quad (3)$$

где $f(z) = \sqrt{R_w^2 - (z - z_c)^2}$.

Из условия равенства угловых коэффициентов в (3) получено уравнение, содержащее размеры полуосей нормального сечения эллиптического желоба, в виде

$$\frac{b}{a} \sqrt{b^2 - R_w^2 \sin^2 \gamma} = R_w \cos \gamma. \quad (4)$$

Радиус кривизны эллипса в точках начального контакта определяется формулой

$$c_K = \frac{(a^4 x_K^2 + b^4 z_K^2)^{3/2}}{a^4 b^4}. \quad (5)$$

Учитывая (5), из выражений (3) и (4) получены формулы для полуосей желоба

$$a = \frac{R_w \sqrt{\bar{c}} \sin^2 \gamma}{1 \epsilon \cos \gamma^2}; \quad b = \frac{R_w \sin \gamma}{\sqrt{1 \epsilon \cos \gamma^2}}, \quad (6)$$

где $\bar{c} = c_K / R_w > 1$ – относительная кривизна эллипса в точках начального контакта.

Из (1) по абсциссе x_K определено расстояние до центра шарика

$$z_c = \frac{a}{b} \sqrt{b^2 - R_w^2 \sin^2 \gamma} - R_w \cos \gamma. \quad (7)$$

По значениям a , b , z_c профилируют шлифовальный круг и обрабатывают желоб эллиптического профиля для шариков заданного радиуса R_w .

Метод обработки. Финишную обработку желобов колец ШП выполняют методом врезного шлифования, при этом наиболее ответственной операцией является точная правка круга по заданному профилю. Преимуществом конструкции приспособления для правки круга по указанному способу является существенное увеличение точности правки круга по сравнению с точностью изготовления кулачка, управляющего корректировочным движением [2]. Острые алмазной иглы E может совершать одновременно два взаимосвязанных движения (рис. 2): *основное движение* S_1 по дуге окружности радиуса R_0 с таким расчетом, чтобы дуга AB , являющаяся базовой линией, вписывалась в точный контур CD , по которому должен быть обработан желоб; – *вспомогательное*

движение S_2 в плоскости вращения круга для корректировки его профиля на величину расхождения между базовой линией AB и контурной CD . Пока острие иглы E перемещается по дуге AB , оставаясь в плоскости YOZ , круг получает профиль, соответствующий этой дуге. При начале корректирующего движения в точке F с центральным углом 2ψ острие иглы смещается в плоскости вращения на расстояние L и отклоняется от дуги AB на величину

$$d_{\text{вк}} = \sqrt{c^2 + L^2} - c, \quad (8)$$

где $c_k = R - R_0(1 - \cos\psi)$ – радиус круга в торцовом сечении при правке по линии AB .

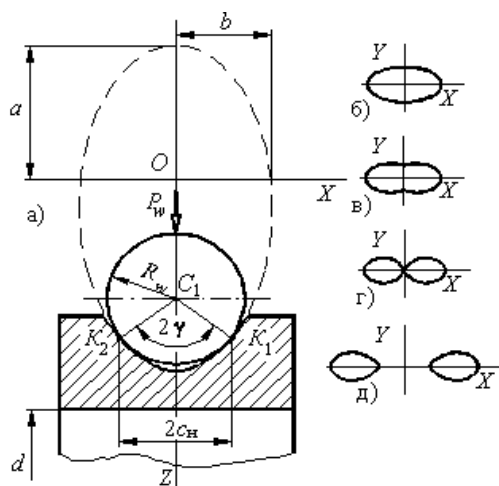


Рис. 1. Расчетные схемы контакта шарика с эллиптическим желобом (а) и возможных форм площадок при контакте: одноточечном (б) и двухточечном (в, г, д)

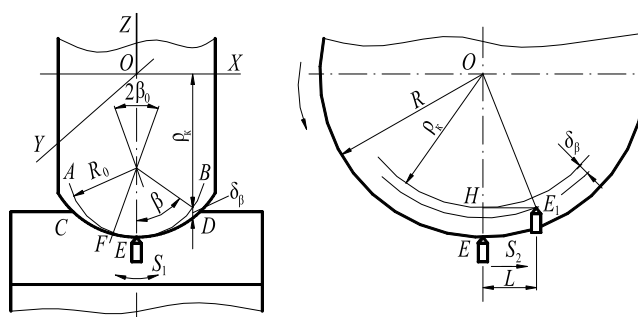


Рис. 2 Схема перемещений алмазной иглы для правки модифицированного шлифовального круга

Такой модифицированный круг при углах $\psi > \psi_0$ будет углубляться “в металл” кольца ШП от линии AB , при этом кривизна желоба уменьшается. При изготовлении заданного профиля высота кулачка в некотором сечении имеет погрешность $D\ddot{y}$, которая приближенно представлена в виде

$$D\ddot{y} = \frac{2D L \psi + D L^2}{2c_k}, \quad (9)$$

полученном разложении радикала в формуле (8) в ряд Тейлора и удержанием в нем двух слагаемых. В результате численного анализа установлено, что погрешность правки круга на два порядка меньше, чем погрешность изготовления кулачка.

Выводы. 1. Разработана двухпараметрическая модель для аналитического описания эллиптического профиля желоба внутреннего кольца радиальных ШП. 2. Проанализированы погрешности правки шлифовального круга и изготовления кулачка, управляющего корректировочным движением алмазной иглы.

Список литературы: 1. Гутыря С.С. Модификация условий контакта в шариковых фрикционно-планетарных редукторах / С.С. Гутыря, Ю.М. Хомяк, Б.А. Мор-

гун, Ю.Б. Моргун // Методи розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла: Збірник наукових праць. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2010. – Вип. 11. – С. 87 – 95. 2. Пинегин С.В. Прецизионные опоры качения и опоры с газовой смазкой: Справочник / С.В. Пинегин, А.В. Орлов, Ю.Б. Табачников. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.

РОЗВИТОК САПР В КОНТЕКСТІ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ПІДПРИЄМСТВА

Шпірка А. Г., Шутенко В. В., Гайдар О. Г. (ДонНТУ, г. Донецьк, Україна)

В останніх тенденціях розвитку вітчизняного виробництва стає питання про його автоматизацію. Наприкінці 80-х – початку 90-х років більшість підприємств пострадянського простору прагнули до автоматизації бухгалтерського обліку, фінансового планування та корпоративного управління. Внаслідок цього без уваги залишився виробничий сектор, адже саме він є основою функціонування будь-якого підприємства. Але останнім часом спостерігається стрімке проникнення ІТ-процесів і у виробництво.

Інформаційні технології – один з найбільш успішних способів підвищення ефективності виробничих функцій. Саме вони є ключем до автоматизації конструкторських і технологічних підрозділів. Їх основний інструмент – системи автоматизованого проектування (САПР). Проаналізуємо напрямок розвитку даної галузі.

Виготовлення будь-якого виробу важко уявити без його креслення або схеми. Ще у недалекому минулому конструкторам доводилося вручну будувати складні профілі деталей, що було трудомістким і тривалим процесом. З жорсткістю вимог до термінів випуску виробів і збільшенням кількості типових розробок, зросли обсяги робіт. І це стало причиною пошуку нових рішень.

Розвиток комп'ютерної галузі сприяв появі різних конструкторських систем САД (Computer-Aided Design) – все те, що раніше робилося вручну, було замінено найпростішими комп'ютерними програмами.

Двовимірне проектування активно розвивалося на початку 90-х років. У цей час з'явилося безліч додатків, налаштувань, бібліотек, які значно спрощували виконання креслярських робіт. Виникли і почали розвиватися розрахункові системи САЕ (Computer-Aided Engineering), системи проектування та обробки виробів на верстатах з числовим програмним управлінням САМ (Computer-Aided Manufacturing), та багато інших програм, заснованих на роботі з базами даних САД-систем. Одночасно з цим розвивалися системи технологічної підготовки виробництва САПР ТП (Computer-Aided Process Planning, CAPP). Їх призначення – формування технологічних даних про виріб, ведення централізованого архіву цієї інформації та випуск технологічної документації.

Плоске проектування, безумовно, приносило свої плоди. Але ми живемо в тривимірному просторі, і такий тип інформації нам ближче для сприйняття. Саме це, а також розвиток обчислювальних систем дозволило перейти технологіям проектування на новий рівень.

Поява тривимірного моделювання дозволило якісно змінити процес проектування: тепер розробник міг створити точну модель, з високим ступенем деталізації і максимально наближену до реальності. При цьому значно збільшується наочність проекту. Висловити тривимірний об'єкт у двовірній площині не просто, тоді як тривимірна площа дає можливість ретельно опрацювати і що саме головне, проглянути всі деталі. Оскі-

льки в тривимірних моделях міститься набагато більше інженерної інформації, ніж у двовимірних кресленнях, іншим важливим перевагою 3D є можливість використання результатів моделювання на наступних стадіях – наприклад, в додатках для інженерних розрахунків або генерації програм для верстатів з ЧПК. Також тривимірні моделі використовуються для створення реалістичних зображень для технічної документації та рекламних матеріалів, фізичних зразків на установках швидкого прототипування.

Якщо проаналізувати все вище перелічене, то не складно визначити найважливішу перевагу тривимірного моделювання: тепер помилки можна знайти та виправити на ранній стадії розробки, а не при виготовленні першої дослідної партії. А це набагато дешевше.

Тим не менш, не дивлячись на всі переваги, можна сказати, що 3D системи мають і деякі недоліки. Так, наприклад, моделювання великих блоків, що складаються з десятків і сотень тисяч деталей, все ще є складним для багатьох CAD-систем. До того ж чим складніше система – тим важче її освоїти.

У свою чергу можна сказати і про те, що плоска графіка не вмерла, вона і зараз використовується в багатьох галузях, що традиційно вважаються двомірними. Наприклад, розробка електричних схем. До того ж багато підприємств звикли працювати в площині і створили системи для автоматизації саме 2D-робіт. У результаті отримуємо набір різноманітних програм і систем, що дозволяють розробляти і проектувати моделі та системи будь-якого рівня складності.

Автоматизувавши за допомогою комплексу CAD/CAM/CAE/CAPP всі напрями підготовки виробництва, підприємство отримує цифрову модель виробу. Вона містить у собі всю геометрію, необхідні розрахункові дані, карти технологічних процесів, відомості, електронний опис виробів, технічні керівництва та багато іншого. Але все не так добре як здається: великий об'єм інформації причиняє величезні клопоти підприємству, яке його створило.

З часом змінювались інструменти проектування, але сам процес залишається тим самим: конструктори створюють документацію, передають її технологам, забирають назад на коригування, віддають виправлену документацію технологам, ті готують технологічну документацію, узгоджують з постачальниками та економістами і так далі. І в результаті автоматизація не дає значного скорочення термінів підготовки виробництва.

Розробка та підготовка виробництва продукції – груповий процес, до якого залучені сотні фахівців з різних областей. У процесі розробки виникає ряд проблем, що впливають на загальний успіх. Це в першу чергу відсутність можливості бачити ключові ресурси, залучені в процес розробки, в їх фактичному стані на даний момент, це організація спільної роботи колективу фахівців, із залученням компаній, що постачають компоненти для розроблюваного виробу. Тільки паралельне виконання робіт і взаємодія учасників процесу може істотно скоротити терміни підготовки виробництва. Цю проблему можна вирішити за рахунок створення єдиного інформаційного простору (ЄІП) цифрових даних про корпоративну продукцію.

І тут з'являється новий клас систем – системи управління даними про виріб, PDM (Product Data Management). Всі фахівці, що працюють над продуктом, не тільки отримують інформацію про виріб, але й доповнюють її. Після виготовлення виробу ця інформація буде використана замовником – для конфігурації готового продукту під свої специфічні потреби, інженерами – для модернізації та виготовлення нового виробу, сервісними підрозділами – для планового обговорення. І як наслідок реалізація подібної системи на підприємстві дозволяє значно скоротити основні стадії життєвого циклу виробу (ЖЦВ):

1. Маркетингові дослідження потреб ринку;
2. Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР);
3. Підготовка виробництва продукту на заводі-виробнику серійної продукції;
4. Виробництво і збут;
5. Експлуатація та обслуговування виробів;
6. Утилізація виробів.

Підтримка продукції, що випускається на кожному етапі життєвого циклу виробу – безумовна вимога до сучасного промислового підприємства. Відомо, що вироби, які вимагають великих витрат у початковий період свого життєвого циклу, зазвичай менш рентабельні, ніж продукція, інвестиції в яку рівномірно розподілені в часі або навіть зрушені на більш пізні терміни.

Скорочення термінів НДДКР та підготовки виробництва не тільки збільшує прибуток компанії за рахунок реалізації додаткової продукції, а й вивільняє кошти для розробки нових продуктів, підвищуючи загальний дохід підприємства.

Розглянемо докладніше функціонування системи PDM.

Основним призначенням PDM-системи є вдосконалення та полегшення доступу до інформації про виріб. PDM-системи дозволяють вирішувати завдання, пов'язані зі створенням електронного архіву технічної документації, створення ЄІП для всіх учасників життєвого циклу виробу, побудови системи якості продукції відповідно до міжнародних стандартів якості серії ISO 9000, і багато інших завдань. Надати відповідному співробітнику необхідну інформацію – головне завдання PDM-системи. Вона об'єднує в єдину мережу всіх конструкторів, технологів, працівників технічного архіву, співробітників з маркетингу, збуту, постачання і т.п.

Досягається це все в результаті інтеграції всієї інформації про виріб в одну систему. Тобто вся інформація, яка надходить на всіх етапах ЖЦВ від прикладних автоматизованих систем (CAM, CAD, CAE, CAPP, ERP, MRP), що використовуються на підприємстві, а також фінансових, маркетингових та інших відділів виробництва, за допомогою PDM-системи об'єднуються в логічно єдину модель. Таким чином, PDM-система здійснює контроль над усіма інформаційними процесами, пов'язаними з виробом, перш за все над його проектуванням, і технологією виробництва (рис 1).

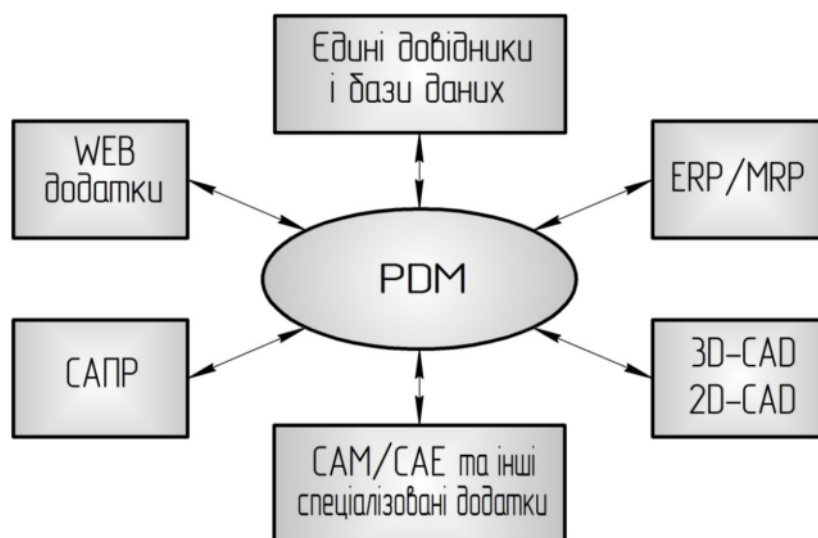


Рис. 1. Схема функціонування PDM-системи в єдиному інформаційному просторі

Для зручності управління виробничою інформацією, реалізується можливість роботи з PDM-системою в режимі on-line. Провідні світові виробники доповнюють PDM-системи необхідним для цього програмним забезпеченням.

Щоб дати більш конкретне визначення PDM-системи, виділимо основні групи функцій, які вона виконує:

1. *Управління архівом інформації.* Мається на увазі те, що всі документи в PDM-системі зберігаються в електронному архіві, який забезпечує цілісність даних, дозволяє здійснювати пошук і організує доступ до документів користувачам у відповідності з їх правами.

2. *Управління процесами.* PDM-система є робочим середовищем користувачів, відстежує всі їх дії і управляє потоком робіт протягом всього ЖЦВ. Також PDM-система веде протокол зміни даних і дій всіх користувачів.

3. *Управління складом виробу.* PDM-система містить інформацію про склад виробу, його виконання і конфігурації. Цікавим моментом є те, що склад виробу надається для кожної предметної області у відповідному поданні (маркетинговий, технологічний, фінансовий і т.п.)

4. *Класифікація.* Для автоматизації пошуку виробів з потрібними характеристиками PDM-система розподіляє необхідну документацію у відповідності з різними класифікаторами.

5. *Допоміжні функції.* Ці функції дозволяють взаємодіяти з PDM-системою іншим програмним засобам, а також забезпечують інформаційний зв'язок користувачів.

Найбільш важливим питанням для підприємств, які усвідомили необхідність PDM-системи, залишається питання про її вибір. Кожна PDM-система має ряд особливостей, які необхідно зважити і зіставити з особливостями свого підприємства. Це дозволить, в деякій мірі, заощадити чималі кошти.

Що стосується впровадження. Впроваджуючи PDM-систему, необхідно усвідомлювати, що буде потрібно вносити зміни в усі процеси виробництва, в тому числі і перегляду стандартів підприємства. Це досить трудомісткий процес, оскільки PDM-система це не просто програмне забезпечення. Підприємству, в цьому випадку, необхідно переходити на новий режим функціонування.

Слід врахувати і те, що у більшості людей існує певний психологічний бар'єр, який змушує їх чинити опір будь-яким змінам, внаслідок чого процес впровадження просувається важко. І цей момент куди серйозніше будь-яких технологічних проблем. Тому перед впровадженням PDM-системи необхідно будь-яким способом викликати інтерес до ефективної роботи і подальшої експлуатації системи у персоналу підприємства.

Система PDM необхідна для сучасних підприємств, що мають стратегію подальшого розвитку. Тільки використовуючи PDM-системи, можна настільки організовано забезпечити управління даними про продукцію, що дасть можливість робити її більш конкурентноздатною в умовах сучасного ринку.

Перелік літератури: 1. Зыков О.В. Промышленная автоматизация: движение от САПР к PLM, IT News № 5 (30), 8 марта 2005 г. 2. В. Климов, В. Краюшкин, М. Пирогова, Настоящее и будущее PDM. // Открытые системы, 2002, № 2. 3. Ли К. Основы САПР (CAD/CMA/CAE). - СПб.: Питер, 2004. - 560 с.

EFFECT OF HIGH HARMONICS ON COMPENSATION OF REACTIVE POWER
IN ELECTRICAL NETWORKSGeorge Isber (*Tishreen University, Syria*)**Introduction.**

As a result of the industrial development which took place in Syrian Arab Republic, the consumption of reactive power has increased remarkably after modern equipment and new plants have entered the network, of which are: inductive motors - electrical inductive furnaces – thyristor converters – modern lamps (fluorescent lamps – vacuum lamps – led lamps) electronic devices and many other sets.

Upon this, it has become urgently needful to generate reactive power required for the possibility of loading transport lines with more actual power, knowing that the sources of reactive generation are: stations of generating electrical power, transport lines, static and harmonic condensers. From the economic point, generating reactive in the consumption places or near them so as not to carry reactive power in the lines, especially that high voltage Syrian lines are overloaded. Therefore, it is preferable to generate reactive power by means of condensers owing to their having high and credible economic and technical characteristics. And they do not act passively in stabilizing the network, but the haphazard and unconsidered selection of these condensers will form a great risk to the electrical equipment in the system for high tensions are formed, resulting from high harmonics, knowing that these tensions will increase in a greater form because of these condensers. These effects have begun to appear lately at the industrial plants in the form of the collapse of condenser, installed in factories, which generate reactive power.

We all know that the existence of non-linear loads (thyristor converters, and the haphazard usage of regulators, inverters and electronic devices: televisions, calculators and communication devices) lead to sinusoidal deformation of the current and tension wave which means the existence of harmonics that have not been taken into account.

Due to the presence of condensers, the possibility of and increase occurrence in tensions is always found if it couldn't be prevented at the proper time by means of connecting the suitable percolator. One of the harmonics disadvantages is also the heating of coils in the devices.

The programme of capacity flow has been depended on for finding the optimal solution to the required reactive power and the places of insulation it in the industrial plant whose power factor needs being raised to the required value which is economically and technically defined.

Next, the capacity of required condensers is defined according to this power, and as it is known, the capacity of condensers is calculated from the following relation:

$$C = \frac{Q_c}{U_n^2 \cdot 2\pi f} \cdot 10^3 \quad (1)$$

Where:

Q_c : (kvar) reactive power required for raising the power factor

U : (volt) phase voltage (between phase and neutral) on both edges of the condenser

C : (farad) condenser power.

It gives inductivity and activity to the inductive motor by the following relations [5].

$$\begin{aligned} X_a &= 0.2 \cdot \frac{U_n^2}{S_n}, \\ R_a &= 0.08 \cdot \frac{U_n^2}{S_n}, \end{aligned} \quad (2)$$

As for the network also, inductivity and activity are given according to the following relation:

$$\begin{aligned} X_s &= \frac{U_n^2}{S_k} \\ R_s &= 0.1 \cdot X_s \end{aligned} \quad (3)$$

As for the loads, they are calculated as follows[5]

$$\begin{aligned} X_l &= \frac{U_n^2 \cdot Q_0}{P_0^2 + Q_0^2} \\ R_l &= \frac{U_n^2 \cdot P_0}{P_0^2 + Q_0^2} \end{aligned} \quad (4)$$

Where:

Q_0 : (kvar): reactive power of the static load, kvar

P_0 : (kw): actual power of static load, kw

Generators are represented by reactors over passing X_d'' (of suspensions calculation) and lines are represented by their impedances and transformers by their equivalent circuits[3].

After representation of the network elements completely, a programme has been put on the computer for calculating the equivalent impedance at the suspension point depending on the method of consecutive connection of the network elements[3] (this method depends on building the matrix of equivalent impedances of the network elements which face the inverted matrix of susceptance, but the method inverting the matrix of susceptances reserves a very considerable space in the memory of the computer).

Insufficient power of the system is calculated when the suspension (failure) is three phase with the ground, and it is the most dangerous failure. In this case the failure current[2] is calculated by the following relation:

$$I_{Ki} = \frac{U_{ni}}{Z_{ii}} \quad (5)$$

U_{ni} : nominal voltage in the failure point

Z_{ii} : equivalent impedance in the failure point is calculated by the said method:

And failure power [6] is calculated by the following relation

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U_{ni} \cdot I_{ki} \quad (6)$$

After calculating the failure power S_k of the network and the nonlinear loads power

S_{LOL} , we calculate the rate $\frac{S_k}{S_{LOL}}$

If the nonlinear load is but thyristory converters, then this rate should be greater than 200[5] and in the case of ordinary linear loads the rate should be greater than 100. If the above mentioned two conditions are met, then there is no need for studying the action or effect of connecting the condensers to the said network on the higher harmonics because the effect of

this in this case will be weak. And if the above mentioned two conditions are not met, then it would be necessary to study and analyse the form of the withdrawn current wave in the nonlinear load and calculating the high value of graduations current and calculating the equivalent reactances of these harmonics. As it is known, when the network does not contain the capacity loads, these reactances increase form all sides with the harmonics grade according to the following relation:

$$X_k = K \cdot X_k \quad (7)$$

Where:

K : harmonic number

X_k : equivalent reactance of the harmonic.

Upon the harmonic current and the equivalent reactance of the harmonic, the harmonic tension is calculated according to the following relation:

$$U_k = X_k \cdot I_k \quad (8)$$

Then, the rate of harmonic voltage K is calculated with respect to the nominal voltage of the first harmonic[1] according to the following relation:

$$P_{ku} = \frac{U_k}{U_{1N}} \quad (9)$$

After calculating these rates (proportions) for the sake of all the studied harmonics[1] the sum of voltage is given by the following relation:

$$U = U_{1n} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^F P_{ku}^2} \quad (10)$$

Where: F : a greater harmonized number.

When the system contains a capacity load, the equivalent reactance increases in some harmonics as a result of connecting the equivalent reactance XC of the condensers to the system. And if the equivalent reactance of the system before connecting the condenser is Z_k then the equivalent reactance after connecting the condensers Z'_k .

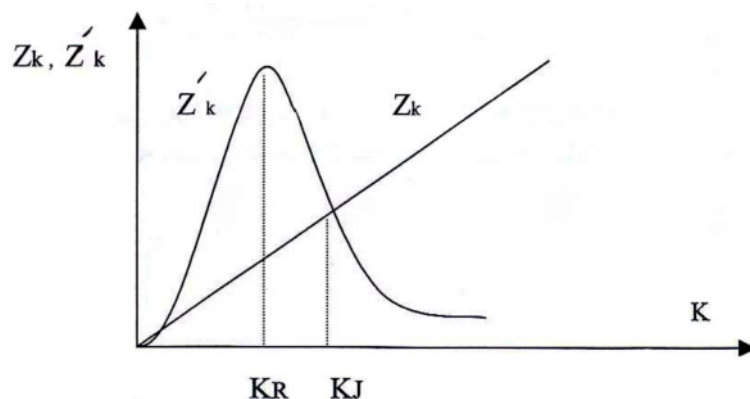


Fig. 1

Figure (1) illustrates the change of the impedance value by the indication of the harmonics value. We notice from the figure that the reactance increases considerably in the harmonic KR , and this leads to the increase of the harmonic voltage K and consequently to the increase of the voltage sum greatly where it forms a risk to the devices insulation and their

collapse. Upon this, suitable percolators must be placed to absorb the adjacent harmonics from KR .

For the purpose of illustrating the practical possibility of this study, we have applied it to a given (specific) plant containing the following loads:

- | | |
|--|---------------------|
| - inductive motors with power | 2440 K.V.A |
| - Ohmic loads | 775 K.W |
| - inductive loads | 1000 K.VAR |
| - direct current loads fed by thyristory converters | 2×1455 K.W |
| - nominal voltage of the plant | 20 K.V |
| - connecting a set of condensers with power (knowing that condensers connection in this case may be risky) | 2030 K.VAR |

By applying the previous study of this plant and by making use of the two relations (5,6), we find that the short circuit power is: $SK = 91 \text{ M.V.A}$

At the beginning the following relation should be verified first:

$$\frac{S_k}{S_{LOL}} = \frac{91 \cdot 10^6}{2 \cdot 1455 \cdot 10^3} = 31.27$$

As this value is smaller than 200, therefore, we must study the effect of condensers connection of the increase of higher harmonics value and finding the harmonic in which is found the greatest voltage value, and upon this, the form of the current wave feeding the thyristory converter has been drawn by means of an advanced signal drawing instrument containing a memory for keeping the given quantities figure (2), and the shown curve illustrates the deformation of the sinusoid of the current wave feeding the thyristory. This deformation results from the accumulation of different harmonics.

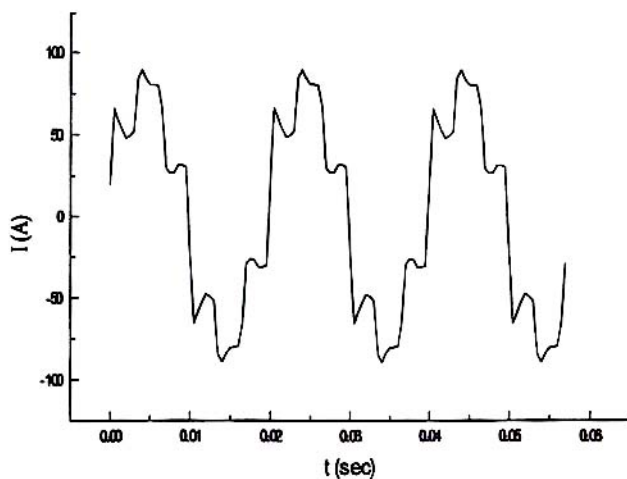


Fig. 2

By means of a computerized programme and depending on the principle of diffusing Vorieh's series, the previous wave shape has been analysed and then finding the current values of the following harmonics:

$I_5 = 17.4$, $I_7 = 14.2$ A , $I_{11} = 4.8$ A , $I_{17} = 3.1$ A ,

$I_{19} = 2.5$ A , $I_{23} = 1.0$ A , $I_{25} = 0.7$ A

And the equivalent impedance of the previous harmonics has been found in the two cases before and after connecting the condensers and the voltages values of these harmonics

by making use of the relation (8), and the following table summarizes the results that have been reached.

Table 1

K	Z_k	U_k		Z'_k	U'_k	
		V	%		V	%
5	19.4	337.8	2.9	38.1	663.0	5.7
7	27.1	384.8	3.3	650.0	923.0	80
11	42.6	259.9	2.2	30.7	187.3	1.6
13	50.4	241.9	2.0	22.2	106.6	0.9
17	69.9	216.9	1.8	14.0	43.4	0.4
19	73.6	184.0	1.6	12.0	30.6	0.3
23	89.1	89.1	0.7	9.5	9.5	0.08
25	96.8	67.8	0.6	8.0	6.0	0.05

From the table we deduce that the seventh harmonic voltage on the loads terminals has risen from 384.8 V before connecting the condensers to 923 V after connecting the condensers. Thus the voltage sum on the loads terminals on the basis of the relation (10) by making use of the given quantities of table (1) before connecting the condensers, this voltage sum is:

$$U = 1.0 \cdot 20000 = 20000 \text{ V}$$

After connecting the condensers we find:

$$U = 1.28 \cdot 20000 = 25640 \text{ V}$$

And consequently, the rate of voltage rise after connecting the condensers is: 28%.

This constitutes a great risk for the mounted (installed) devices, and the condensers can't be connected in this case where the companies manufacturing condensers do not allow the rise of the voltage over (more than) 20% except for very limited minutes during the day.

Deduction:

- 1- Non-usage of condensers haphazardly, particularly in the factories with nonlinear loads.
- 2- Studying the harmonics in the network and defining the harmonic in which the phenomenon of voltage increase is formed on connecting the required condensers for raising the power factor.
- 3- Designing the percolator, required and suitable, for absorbing the dangerous harmonics which form on connecting these condensers.
- 4- Protection from momentary currents resulting from the condensers connection.
- 5- Designing the percolator (filter) required and suitable for absorbing the dangerous harmonics which exist (form) on connecting these condensers.
- 6- Protection from the momentary currents resulting from connecting condensers.
- 7- Application of industrial security on (when) installing condensers.

References: 1. Pabla, Electric power distribution systems, Tata Mc.Graw-Hill. 1992. 2. Glenn. Stagg, Ahmed El-Abiad, Computer Method in power system analysis, Mc.Graw-Hill 1986. 3. George. Kusic, Computer aided power systems analysis, New Jersey 1986. 4. Hermann. Dmmel, EMTP, Vancouver, Canada. 1986. 5. Sz. Kujszczyka. Elektroenergetyczne sieci rozdzielcze. Warszawa. 1991. 6. W. Paterson, A.E. Guide, Electrical power systems volume (1), Pergamon press. 1979.