

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ключевые слова: параметрическая модель, параметрическая команда, геометрическая модель.

Представлены результаты решения задачи параметрического моделирования деталей машин и элементов технологического оборудования химических и нефтехимических производств

Keywords: parametric model, parametric command, the geometric model.

It is presents the results of solving of parametric modeling of machine parts and pieces of process equipment for chemical and petrochemical industries

Введение

В настоящее время при разработке новых технологических процессов и изделий в химическом машиностроении широко используются системы автоматизированного проектирования, которые позволяют значительно сократить временные, трудовые и финансовые затраты на всех этапах работы [1]. Как правило, проектирование выполняется с помощью готовых пакетов программного и информационного обеспечения, относящихся к группе CAD\CAE\CAM-систем [2].

Однако практика проектирования показывает, что существуют узкоспециализированные задачи, решение которых неэффективно при использовании унифицированных программных пакетов САПР [3]. В первую очередь, это касается проектирования штучных изделий в условиях единичного или мелкосерийного производства на базе ремонтно-механических цехов химических или нефтехимических предприятий. Для автоматизации процесса проектирования машиностроительных изделий, деталей и узлов механизмов, можно задействовать технологию параметрического моделирования, которая включена в качестве одного из инструментов во все современные компьютерные CAD-программы [4].

В работе рассматриваются особенности разработки параметрических моделей в программной среде APM Graph Lite. Ее производитель допускает бесплатную работу с программой при условии некоммерческого использования. Параметрическая модель APM Graph Lite представляет собой последовательность чертежных команд с указанными параметрами [5]. Параметры задаются либо численно, либо через аналитические выражения [6]. Готовая параметрическая модель может быть вставлена в обычный чертеж как параметрический блок (команда **Рисовать / Блок / Вставить блок**). При вставке параметрического блока пользователю предоставляются для заполнения только исходные данные. Параметрическая модель может быть также добавлена в базу данных с помощью редактора баз данных APM Base [7].

Экспериментальная часть

В качестве примера решим задачу автоматизированного проектирования накладки фланца на основе разработки его параметрической модели [8]. Расчет фланца выполняется из условия прочности на изгиб.

Равнодействующая расчетной нагрузки для левой половины фланца (рис. 1) приложена в центре тяжести болтовой полуокружности на расстоянии $2R_b/\pi$ от оси симметрии в плоскости прилегания фланца, а равнодействующая реакции опоры – в центре тяжести полуокружности опорного кольца на расстоянии $2R_c/\pi$ от той же оси:

$$R_c = \frac{R_n + R_v}{2},$$

где R_n , R_v – соответственно наружный и внутренний радиусы опорной поверхности.

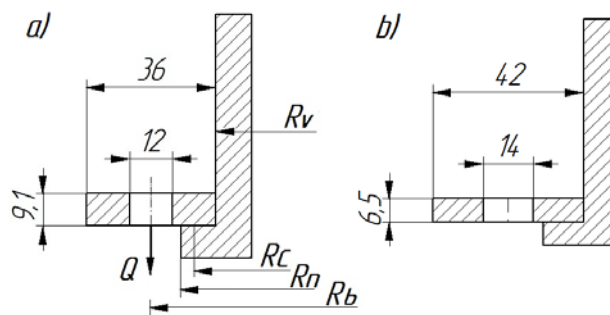


Рис. 1 – Параметрическая модель а) $Q = 20000$ Н; б) $Q = 13000$ Н

Изгибающий момент относительно сечения по оси симметрии фланца:

$$M = \frac{Q}{2} \cdot \frac{2 \cdot R_b}{\pi} - \frac{N}{2} \cdot \frac{2 \cdot R_c}{\pi} = \frac{Q \cdot (R_b - R_c)}{\pi}.$$

Момент сопротивления изгибу сечения по оси симметрии фланца с учетом ослабления сечения двумя отверстиями под болты можно рассчитать по форме прямоугольника:

$$W = \frac{2 \cdot (R_1 - R_v - d) \cdot h^2}{6}.$$

Напряжение во фланце

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3 \cdot Q \cdot (R_b - R_c)}{\pi \cdot (R_1 - R_v - d) \cdot h^2}.$$

Из условия прочности

$$\sigma \leq [\sigma]$$

можно определить минимально допустимую толщину фланца

$$h = \sqrt{\frac{3 \cdot Q \cdot (R_b - R_c)}{\pi \cdot (R_1 - R_v - d) \cdot [\sigma]}}$$

Приведенные формулы составляют математическое описание разрабатываемой параметрической модели. Математическая модель изделия является основой автоматизированного проектирования объекта и первым этапом создания параметрической модели. Для подключения ее к системе предусмотрена табличная форма «Переменные» (рис. 2).

Переменная	Выражение	Значение	Комментарий
SigN		200	нормативное допустимое напряжение
Sig	SigN*0.8	160	Допущенное напряжение для расчета
pi		3.141592	
Rv		1000	Внутренний радиус опорной пов-ти
d		14	Диаметр болтов фланцев
b	3*d	42	Ширина фланца
R1	Rv+b	1042	Наружный радиус фланца
Q		13000	Расчетная нагрузка
Ra	Rv+0.8*(b-d)/2	1011.2	Наружный радиус опорной пов-ти
Rc	(Rv+Rv)/2	1005.6	Радиус опорной пов-ти фланца
Rb	Rv+b/2	1021	Радиус окружности болтов
h	(3*Q*(Rb-Rc)/pi)/(R1-Rv-d)/Sig**0.5	6.5324901833	Толщина фланца
ha		10	Толщина стенки аппарата
x		50	Смещение рисунка по оси X
y		50	Смещение рисунка по оси Y

Рис. 2 – Математическая модель

Она включает 4 поля для ввода соответствующих параметров новой переменной. Переменная должна иметь уникальное имя. Числовой переменной должно быть обязательно присвоено значение, даже если ей задано выражение. Выражение должно являться функцией объявленных к этому моменту переменных. Например, если рассчитывается наружный диаметр через внутренний, то внутренний диаметр должен быть выше объявлен (задан или рассчитан). Переменной можно задать комментарий, что может оказаться полезным при большом числе переменных.

Значения переменных могут быть представлены в виде выпадающего списка. Для добавления и удаления числовых значений используются соответствующие кнопки. Наборы значений удобно использовать во время числового моделирования, например, при проверке нескольких вариантов исходных данных: разных материалов с разными прочностными характеристиками или нескольких вариантов отверстий под заклепку.

После описания математической модели и задания значений независимых переменных можно перейти к созданию непосредственно геометрии параметрической модели. При этом построение похоже на разработку обычного чертежа с последовательным вводом графических команд, ведущих к формированию геометрии объекта. Для сопоставления параметров геометрических команд с описанными ранее переменными предусмотрена команда программной системы Параметризация / Команды. Открывшийся диалог служит для

редактирования параметров команд, задающих графические примитивы (рис. 3).

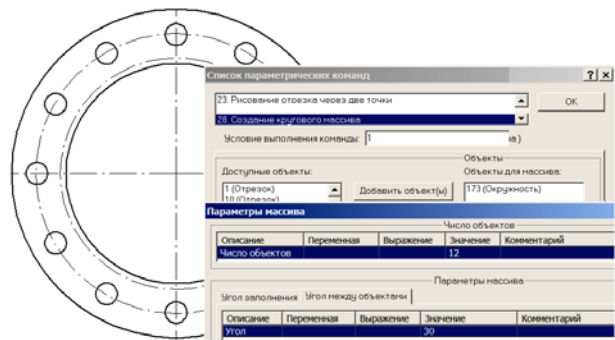


Рис. 3 – Редактирование команд

В списке расположены последовательно все параметрические команды, посредством которых создавалась модель. При переходе к какой-либо команде, на экране отображается состояние чертежа до исполнения этой команды. Если текущей командой является команда рисования, на экране подсвечивается объект, который должен быть нарисован этой командой. Каждая команда имеет порядковый индекс и свой уникальный набор параметров.

Условие выполнения команды может быть задано константами 1 и 0 или с помощью неравенства, например $K > 1$. В этом случае условие выполнения является результатом логической операции и может принимать значение 0 (ложь) – команда не выполняется или 1 (истина) – команда выполняется. Условие выполнения команды может быть записано условие в виде системы неравенств. Например:

$$((D-d)/2 > d0) \& (M_Pi \cdot Dm > n \cdot d0).$$

В качестве примера решим задачу разработки параметрической модели пластины-накладки, соединяющей две несущие конструкции, нагруженные внешней растягивающей силой так, как показано на рис. 4. Верхняя часть пластины соединяется с помощью заклепок к верхнему элементу конструкции, нижняя часть – к нижнему элементу конструкции таким же числом заклепок. Заклепки устанавливаются попарно в несколько рядов. Число рядов заклепок, обозначаемое переменной K рассчитывается из условия прочности. Заклепки изготавливаются из Ст 20, диаметром d . Нагрузка, воспринимаемая конструкцией, задается переменной F .

Расстояние от края пластины до отверстия обозначим через переменную h . Между отверстиями должен оставаться зазор, тоже равный величине h . Тогда ширина пластины постоянная, не зависит от числа заклепок и равна:

$$b = h + d + h + d + h = 3 \cdot h + 2 \cdot d.$$

Длина пластины зависит от числа рядов заклепок и, очевидно, может быть вычислена по формуле:

$$L = 2 \cdot (h + 15 + (h + d) \cdot K),$$

где K – число рядов заклепок.

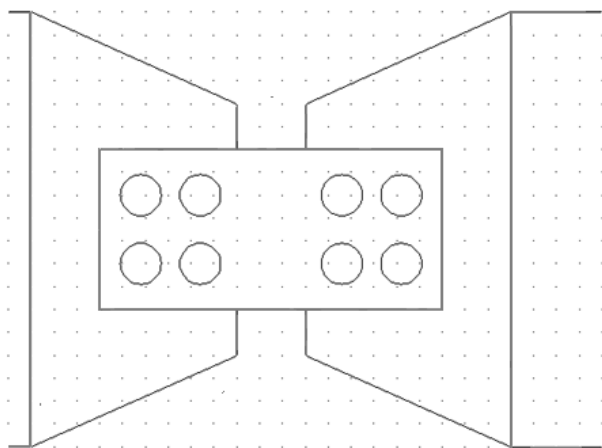


Рис. 4 – Параметрическая модель

Величина K определяется из условия прочности на срез:

$$\frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot K} \leq [\tau]$$

Сила F задана в кН.

Допускаемые касательные напряжения определяем для Ст 20 по пределу текучести с учетом коэффициента запаса прочности 1,5:

$$[\tau] = 120 / 1,5 = 80 \text{ МПа.}$$

Тогда:

$$K \geq \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2 \cdot [\tau]} = \frac{F}{12,57}.$$

Рассчитанное значение K следует округлить в большую сторону до ближайшего целого значения.

Заключение

Обобщая результаты работы можно сформулировать ряд выводов:

1) в результате проведенного исследования было показано, что автоматизация проектирования деталей машин и элементов технологического

оборудования может быть обеспечена на основе разработки параметрических моделей проектируемых объектов;

2) параметрическое моделирование при проектировании деталей простой геометрической формы является более рациональным способом автоматизации проектных процедур по сравнению и с унифицированными, и специализированными системами автоматизированного проектирования.

Литература

1. Сабанаев И.А., Сабанаева З.Ф. Вестник Казанского технологического университета, 15, 18, 290 - 294 (2012).
2. Исаев А.А., Сабанаев И.А., Дмитриев А.В. Вестник Казанского технологического университета, 16, 18, 237 - 240 (2013).
3. Сабанаев И.А., Сабанаева З.Ф., Алмакаева Ф.М. Вестник Казанского технологического университета, 16, 15, 315 - 318 (2013).
4. Сабанаев И.А., Сабанаева З.Ф. Вестник Казанского технологического университета, 17, 5, 188 - 191 (2014).
5. Багоутдинова А.Г., Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д., Сулимов Н.И., Яхнев М.Н. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 4, 204 - 208 (2012).
6. Багоутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2, 81 - 88 (2012).
7. Багоутдинова А.Г., Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 1, 81 - 84 (2011).
8. Сабанаев И.А., Сабанаева З.Ф. Психолого-педагогический журнал Гаудеамус, 16, 2, 387 - 388 (2010).

© М. М. Салимова – ассистент каф. МАХП НХТИ КНИТУ, ieremiada@gmail.com; Е. М. Любимова – ст. преп. каф. информатики и дискретной математики ЕГПУ ПФУ.

© М. М. Salimova - associate professor, NCHTI KNRTU, ieremiada@gmail.com; Е. М. Lyubimova - the senior instructor KFU.