

УДК 621.01.001

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ЕМКОСТНОГО АППАРАТА

© В.Г. Мокрозуб, М.П. Мариковская, В.Е. Красильников

Mokrozub V.G., Marikovskaya M.P., Krasilnikov V.E. Development of information system of the technological objects automated designing exemplified by the capacitor device. The approach to creation of information system of the process equipment automated designing is proposed in the article. The problem of finding an optimum design and manufacturing techniques of the process equipment is put. The intellectual system functional model of capacitor devices designing is developed.

В последнее время все чаще при проектировании технологического оборудования химических, пищевых и других отраслей промышленности используется трехмерное моделирование. Такие программные продукты как SolidWorks, Inventor, Компас позволяют спроектировать параметрические 3D-образы отдельных деталей, собрать из них сборочные единицы и готовые изделия, а после автоматически получить готовую конструкторскую документацию.

Логично предположить, что следующим шагом в развитии автоматизированного проектирования технических объектов будет создание интеллектуальных систем, позволяющих генерировать различные варианты технических решений, исходя из сведений о технологическом назначении проектируемого объекта.

Ниже рассматриваются подходы к созданию подобных интеллектуальных автоматизированных систем.

Назначение каждого технологического объекта (ТО) состоит в преобразовании одного вещества, формы или энергии в другое, посредством воздействия на него.

Допустим, имеется вектор исходного сырья $A = \{a_i\}$, это могут быть химические вещества, пищевое сырье, заготовка для изготовления каких-либо деталей, какой-либо вид энергии, подлежащий преобразованию в другой; вектор готовых и промежуточных продуктов $B = \{b_j\}$, и имеется R -отображение A в B , определяющее последовательность действий, которые необходимо произвести над сырьем A для получения из него продукта B . Следовательно, назначение ТО состоит в осуществлении действия $R: A \rightarrow B$.

Большинство технологических объектов состоят из типовых или стандартных элементов. Значит, задача проектирования сводится к тому, чтобы из множества всех существующих типовых выделить такие элементы, определить значения всех их свойств и так их скомпоновать, чтобы совместно они удовлетворяли всем исходным требованиям технологического назначения и др.

Конструкцию любого ТО можно представить в виде

$$K = \langle E, P, S \rangle,$$

где: $E = \{e\}$ – множество элементов, из которых состоит ТО, $P = \{p\}$ – свойства элементов, $S = \{s\}$ – связи между элементами. (Связи свойств)

Элементы бывают:

1) основные, несущие технологическое назначение $E^b = \{e^b\}$.

Например, корпус емкостного аппарата, трубная решетка теплообменника, монитор компьютера, колесо автомобиля и др.;

2) вспомогательные, служащие для связи основных элементов друг с другом $E^s = \{e^s\}$. Такими элементами могут быть сварные швы, фланцевые соединения, болты и т. д.

Множество всех элементов ТО $E = E^b \cup E^s$.

Наиболее важными свойствами P элементов являются: тип элемента, его геометрические и технические характеристики, материал изготовления.

Связи между элементами S бывают двух видов:

– во-первых, это связи позиционирования S^p -параллельность осей, совпадение поверхностей и т. д. Связи S^p четко определяют взаимное расположение элементов друг относительно друга;

– во-вторых, это функциональные связи S^f , определяющие зависимость значений свойств элементов друг от друга.

В большинстве случаев может существовать не одно, а несколько конструкций ТО, способных удовлетворять требуемому технологическому назначению. А для каждой конструкции возможны несколько вариантов технологии ее изготовления. Следовательно, при проектировании ТО имеет смысл решать задачу выбора оптимальных конструкции и технологии ее изготовления, которые совместно обеспечили бы экстремальное значение некоторого критерия оптимизации.

Постановка задачи поиска оптимальной конструкции и технологии изготовления ТО может выглядеть следующим образом:

Необходимо найти такие конструкцию K^* и технологию изготовления T^* , при которых

$$Kr(K^*, T^*) = \text{extr}(Kr(K, T)).$$

При этом должны выполняться следующие ограничения:

1) K^* – конструкция ТО, принадлежащая множеству $\{K\}$ возможных конструкций ТО;

2) T^* – технология изготовления ТО, принадлежащая множеству $\{T\}$ возможных технологий изготовления этих конструкций $\{K\}$;

3) K^* должна позволять выполнить действие $R:A \rightarrow B$.

K_T – критерий оптимизации. В зависимости от предприятия, для которого решается задача проектирования, критерий оптимизации может быть различным. Например, для машиностроительного завода это будет минимум себестоимости изготовления проектируемого ТО; а для предприятия, выпускающего при помощи данного ТО свою целевую продукцию, это будет минимум суммарных затрат на приобретение ТО и затрат при его эксплуатации.

Для решения задачи поиска оптимального ТО необходимо генерировать конструкции ТО и технологии его изготовления. Это можно делать вручную, полуавтоматически и автоматически. Чем выше автоматизация, тем более система является интеллектуальной, т. е. предлагающей возможное решение.

Рассмотрим подход к созданию интеллектуальной системы, предназначенной для разработки оптимальных конструкций и технологии изготовления ТО на примере интеллектуальной системы проектирования емкостных аппаратов.

Контекстная диаграмма верхнего уровня, в соответствии с методологией IDEFO, отображающая связи объекта моделирования с окружающей средой, представлена на рис. 1.

Как видно из рис. 1, функцией блока на диаграмме А0 является проектирование емкостного аппарата. На входе этого блока – техническое задание, на выходе – рабочий проект аппарата. Проектировщик обеспечивает контроль над работой интеллектуальной информационной системы. Он является «лицом, принимающим решение», в вопросах выбора. Для работы системы необходимы различные базы данных и базы знаний. Ограничениями при проектировании является различная нормативная документация (ОСТы, ГОСТы, ПБ).

В техническом задании (ТЗ) на проектирование должны содержаться такие характеристики, как:

1. Условия протекания процесса: давление, температура проведения процесса, температура окружающей среды (минимальная и максимальная).

2. Характеристики рабочей среды: коррозионная активность, взрыво- пожароопасность, токсичность, физические свойства.

3. Перечень операций, которые должен уметь выполнять данный аппарат.

4. Объем рабочей среды.

5. Дополнительные требования (например, ограничения на габаритные размеры аппарата).

Выходными данными является вся необходимая конструкторская и технологическая документация для изготовления и дальнейшей эксплуатации аппарата:

1. Сборочный чертеж аппарата.

2. Сборочные чертежи отдельных частей аппарата.

3. Чертежи всех деталей аппарата.

4. Спецификации.

5. Расчет на прочность.

6. Руководство по эксплуатации.

7. Технологические маршруты.

На дочерней диаграмме А0 (рис. 2) представлены четыре основных блока – это определение типа аппарата, технологический расчет, разработка конструкции и разработка технологии изготовления, а также блок оптимизации по каждой функции.

Блок А1 «Определения типа и структуры аппарата» содержит три этапа: определение основных элементов аппарата, определение типа основных элементов, предварительную компоновку этих элементов. Выход блока А1 – множество $\{K^S\}$ вариантов структуры аппарата, удовлетворяющих условиям технологического назначения аппарата.

Блок А2 «Технологический расчет» содержит в себе предварительное определение основных размеров элементов, найденных в блоке А1, гидродинамический расчет и тепловой расчет. Технологические расчеты могут быть проведены по РД 26-01-90-85 «Гидродинамический и тепловой расчет вертикальных аппаратов с перемешивающими устройствами». Могут использоваться и другие расчетные методики, вплоть до метода конечных элементов. Выбор той или иной методики расчета определяется их требуемой точностью, приемлемой сложностью, а также условиями их применения.

Блок А3 «Разработка конструкции аппарата» состоит из прочностного расчета, уточнения компоновки элементов, определения типов соединений и всех размеров элементов.

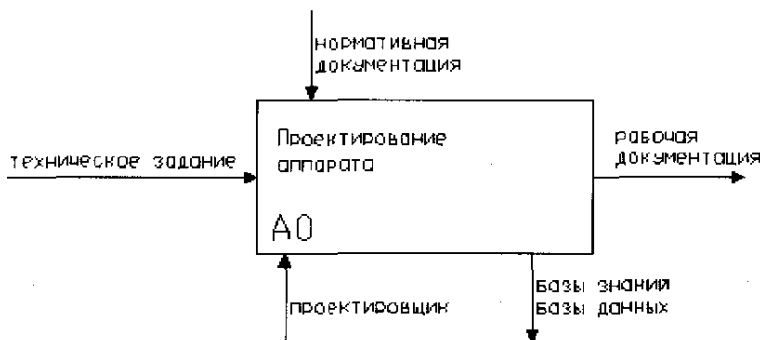


Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня А0

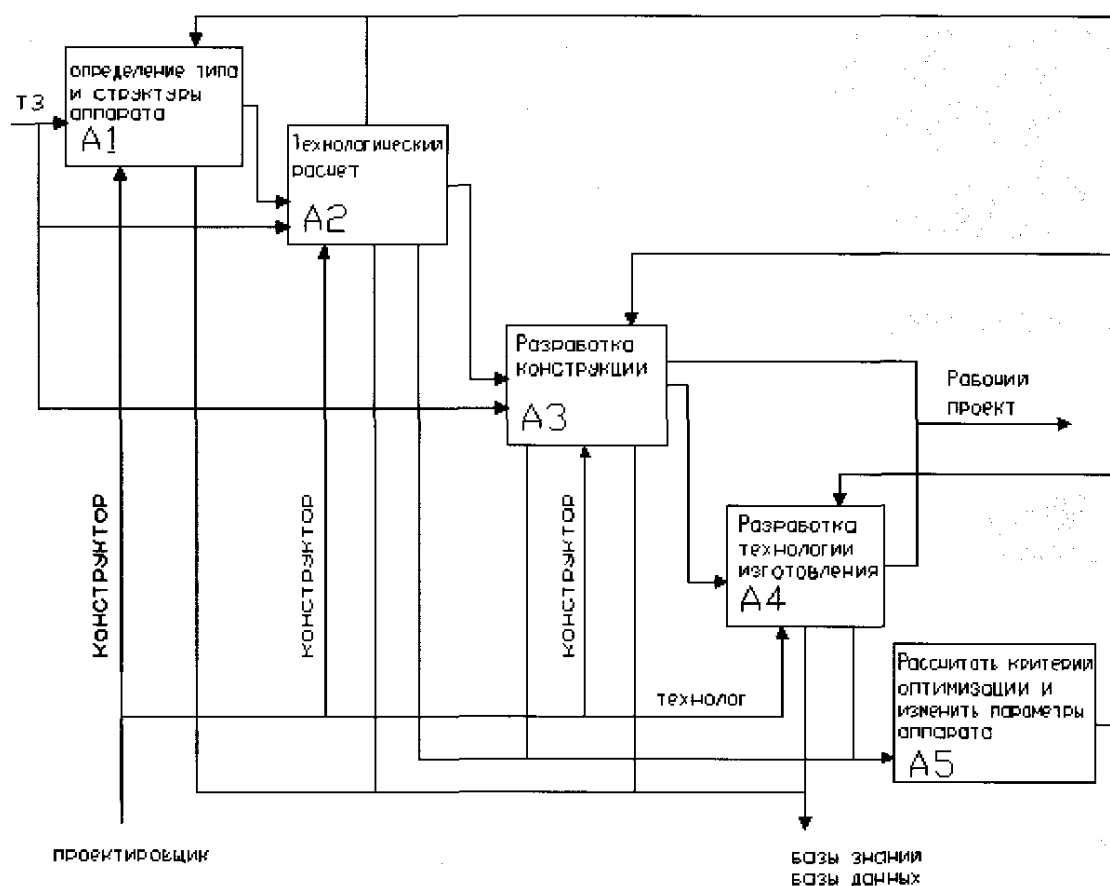


Рис. 2. Диаграмма A0

Прочностной расчет состоит из:

- проверочного расчета на прочность и устойчивость от действия внутреннего и наружного избыточного давления для всех нагруженных элементов аппарата;
- расчета достаточности укрепления отверстий от действия избыточного давления и внешних нагрузок на штуцера;
- проверочного расчета фланцевых соединений аппарата от действия избыточного давления и внешних нагрузок;
- проверки прочности элементов, испытывающих опорные и строповые нагрузки;
- проверки прочности и устойчивости корпуса и опор от действия ветровых и сейсмических нагрузок;
- проверки усталостной прочности элементов, испытывающих циклические нагрузки;
- проверки виброустойчивости, жесткости и прочности вращающихся элементов.

В зависимости от специфики работы конкретного аппарата перечень необходимых прочностных расчетов может упрощаться или дополняться.

Входными данными для блока A4 «Разработка технологии изготовления» является конструкторская документация, а именно: сборочные чертежи аппарата и отдельных его узлов, чертежи всех деталей, на которых указаны все необходимые для изготовления и сборки размеры, виды сварки, материал и тип заготовки для деталей. Выходные данные – технологические маршруты изготовления деталей и сборки аппарата.

Блок A5 «Расчет критерия оптимизации и изменение параметров аппарата» производит оптимизацию на разных этапах проектирования аппарата. Работа этого блока зависит от того, что будет являться критерием оптимизации при разработке конструкции и технологии изготовления аппарата. Например, если за критерий оптимизации мы примем общие приведенные затраты, включающие затраты на изготовление аппарата и на его эксплуатацию, тогда после выбора структуры аппарата и проведения технологического расчета для каждого варианта конструкции подсчитываются эксплуатационные затраты, а после разработки его конструкции – капитальные затраты, включающие в себя стоимость материала и покупных изделий. Также после разработки технологии изготовления подсчитываются затраты на ее осуществление.

После проведения каждого этапа проектирования и подсчета критерия оптимизации заведомо неоптимальные варианты отбрасываются и при дальнейшем проектировании не рассматриваются.

Представленная выше функциональная структура является основой для разрабатываемой авторами информационной системы автоматизированного проектирования емкостных аппаратов, которая должна позволить получать рабочую документацию с минимальным участием конструктора и технолога.

Поступила в редакцию 20 июля 2006 г.