

УДК 621.9.06

## ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

© 2016 Б.М. Базров

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук (ИМАШ РАН), г. Москва

В статье изложен новый метод описания конструкции изделия на модульном уровне с использованием графа иерархической структуры трех уровней. Отмечается, что описание конструкции изделия будет разным в зависимости от этапа жизненного цикла.

*Ключевые слова:* изделие, конструкция, механизм, сборочная единица модуль, граф, деталь, структура, жизненный цикл.

На этапах жизненного цикла изделие участвует в разных процессах. Рассмотрим описание конструкции изделия на трех важных этапах: изготовление, эксплуатация и утилизация.

Таким образом, одна и та же конструкция изделия участвует в разных процессах, предъявляющих к ней свои требования, между которыми возникают противоречия. Например, для эксплуатации деталь должна отличаться высокой прочностью, а при изготовлении и утилизации желательно, чтобы у нее была низкая прочность.

На разных этапах конструкция изделия подвергается воздействию разных факторов, а при одинаковых факторах последние могут отличаться разными направлениями, величинами и воздействовать в разное время.

В связи с этим конструкция изделия должна описываться на разных этапах по-разному.

Однако, в традиционной конструкторской документации это практически не находит отражение. Традиционная конструкторская документация включает сборочный чертеж изделия со спецификацией, чертежи деталей, пояснительную записку.

Полноценное описание конструкции изделия должно нести информацию в явном виде о структуре конструкции, составе ее элементов, качественных характеристиках, влияющих на выходные показатели изделия.

К сожалению, традиционная конструкторская документация во многом не показывает эту информацию в явном виде, что затрудняет оценку конструкции изделия, как объекта эксплуатации, предмета производства и объекта утилизации.

В связи с изложенным, актуальной задачей является разработка метода описания конструкции изделия, исключающего отмеченные недостатки.

Конструкция любого изделия представляет собой совокупность соединенных между собой элементов, расположенных определенным образом.

В качестве модели конструкции изделия предлагается граф иерархической структуры.

Построение такого графа базируется на основе процесса декомпозиции конструкции изделия на элементы.

В качестве элементов выступают механизмы, сборочные единицы, детали.

В соответствии с этим граф конструкции изделия строится следующим образом.

На первом уровне располагается базовая деталь, на втором уровне располагаются элементы, которые монтируются на базовой детали, на третьем уровне – элементы, монтируемые на элементах второго уровня и т.д.

В итоге получаем модель конструкции любого изделия, независимо от его назначения.

Такое описание конструкции изделия позволяет увидеть главное в конструкции, исключив все несущественное.

Характеристиками графа является: количество уровней, узлов, ветвей, конечных элементов, а так же характеристики узлов и связей между ними.

Чтобы воспользоваться графом для описания конструкции изделия, будем рассматривать изделие, как совокупность соответствующих модулей.

В качестве модуля может выступать механизм, сборочная единица (М), деталь (МД), модуль поверхностей (МП), представляющий собой сочетание поверхностей, с помощью которых деталь выполняет соответствующую функцию.

В зависимости от степени детализации описания конструкции изделия граф строится на трех уровнях:

- граф М и МД, не вошедших в состав М;
- граф МД;
- граф МП.

В зависимости от этапа жизненного цикла изделия в качестве М могут выступать механизмы или сборочные единицы.

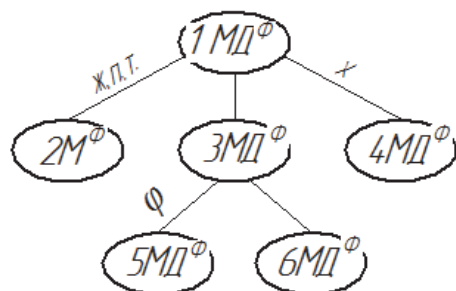
На этапе эксплуатации конструкция и все ее элементы предназначены выполнять соответствующие функции. Отсюда все модули в конструкции являются функциональными.

Обозначим механизм – М<sup>Ф</sup>, деталь МД<sup>Ф</sup>, а модуль поверхностей – МП<sup>Ф</sup>. В конструкции изделия, как объекта эксплуатации, есть еще один функциональный модуль. Если в конструкции

изделия имеются подвижные детали, то возникает подвижное соединение, образованное сопряжением двух базирующих модулей (МПБ), один из которых принадлежит присоединяемой детали, а другой – базовой детали.

Пара совмещённых МПБ образует функциональный модуль подвижного соединения (МС<sup>φ</sup>).

Принимая во внимание изложенное, граф конструкции изделия как объекта эксплуатации будет иметь вид, как показано на рис. 1.



**Рис. 1.** Граф M<sup>φ</sup>, MD<sup>φ</sup> изделия:  
Ж – жесткость, П – прочность, Т – точность

На ребрах графа указываются характеристики связей, такие как точность, прочность, жесткость и др. Если в конструкции модуль подвижный, то указывается координата (x, y, z, j, y, q), относительно которых он движется. Это изображено в виде МС с указанием соответствующей координаты.

Граф второго уровня строится замещением модуля M<sup>φ</sup> графом их MD<sup>φ</sup> (рис. 2,а), а граф третьего уровня – замещением каждого MD<sup>φ</sup> графами их МП<sup>φ</sup> (рис. 2,б).

На этапе изготовления изделия его конструкция и ее элементы формируются под воздействием технологических процессов их изготовления.

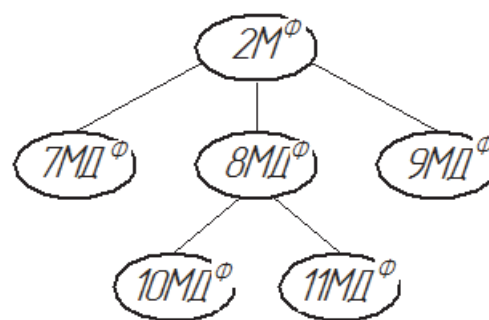
Теперь конструкция изделия должна рассматриваться не с позиции функционирования, а с позиции ее изготовления и должна быть приспособлена под изготовление.

Поэтому конструкцию изделия и ее элементы будем называть технологическими и представлять их технологическими модулями. Отсюда вместо модулей механизмов (M<sup>φ</sup>) будут модули сборочных единиц (M<sup>T</sup>), вместо функциональных модулей деталей (MD<sup>φ</sup>) будут технологические модули деталей (MD<sup>T</sup>); вместо МП<sup>φ</sup> будут МП<sup>T</sup>.

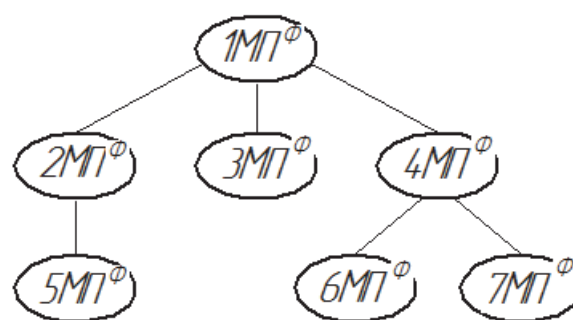
Исходными данными для определения технологических модулей являются модули изделия этапа эксплуатации и характеристики технологических процессов их изготовления.

Теперь при построении графов конструкции изделия выступают M<sup>T</sup>, MD<sup>T</sup>, МП<sup>T</sup>.

Принципиальным отличием описания конструкции изделия совокупностью технологических модулей является неоднозначность ее



*а) Граф модуля M<sup>φ</sup> изделия*



*б) Граф MP<sup>φ</sup> изделия*

**Рис. 2.** Графы второго и третьего уровня

описания, т.е. когда конструкция изделия может быть представлена разными совокупностями технологических модулей.

Это обусловлено возможностью изготовления изделия разными технологиями из-за разного объема выпуска изделий и разных условий, в которых изготавливается изделие.

На этапе утилизации изделие графа имеет тот же вид, что и изделие, как предмет производства.

Кроме информации о структуре изделия, графы несут информацию о характеристиках элементов (M, MD, МП).

Поэтому, при построении графов, даже не очень сложных конструкций, требуется значительная площадь для их изображения.

В связи с этим предлагается информация с графов, представленная в табличной форме. Например, информация о графе первого уровня (рис. 1) может быть приведена в таблице 1.

Предложенный метод описания конструкции изделия позволит в явном виде дать полное представление о структуре конструкции изделия, составе ее элементов, их характеристик и связей.

Уровень	Модули
1	1МД <sup>ф</sup>
2	2М <sup>ф</sup> /1МД <sup>ф</sup> ; 3МД <sup>ф</sup> /1МД <sup>ф</sup> ; 4МД <sup>ф</sup> /1МД <sup>ф</sup> ;
3	5МД <sup>ф</sup> /3МД <sup>ф</sup> ; 6МД <sup>ф</sup> /3МД <sup>ф</sup> ;
Итого	Уровень -3; М <sup>ф</sup> -1; МФ <sup>ф</sup> -5

**Таблица 1.** Информация о графе первого уровня

## DESCRIPTION OF THE PRODUCT CONSTRUCTION AT DIFFERENT STAGES OF ITS LIFE CYCLE

© 2016 B.M. Bazrov

Research Institute for Machine Science named after A.A. Blagonravov  
of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN), Moscow

In article the new method of the product construction at the modular level with use of a graph of hierarchical structure of three levels is explained. It is noted that the product's structure description will be different depending on the stage of the life cycle.

*Keywords:* product, construction, mechanism, assembly unit module, graph, detail, structure, life cycle.