

В.А. Яшков¹, В.А. Гречишников²

¹Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
Россия, 602264, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23

²Московский Государственный Технологический университет «СТАНКИН»
zirjd@mail.ru

Создание формальной математической модели качества деталей машин.

Современный этап развития машиностроения, приборостроения и других отраслей промышленности характеризуется быстрым расширением номенклатуры деталей и их качества. Одной из таких деталей являются гильзы различных цилиндров. При этом соединение гильза цилиндра – поршень является одним из соединений, подвергающихся наибольшему износу в различных узлах машин и роботов. Поэтому важнейшей задачей на этапе производства таких деталей является обеспечение качества изготовления двигателей. Сегодня гильзы применяются для гидравлических и пневматических цилиндров, а также для двигателей внутреннего сгорания.

Качество рассматриваемых деталей следует рассмотреть с помощью формальной математической модели, обеспечивающей адекватность и сохраняющей наглядности и необходимую содержательность [1]. Такими свойствами обладает графовая модель представленная в виде системы отдельных, функционально связанных между собой показателей наглядно представленных в виде ориентированного графа $\Gamma_1 = (X, E)$, где X – множество вершин, E – отображение множества X в X или соответствие, которое показывает, как между собой связаны вершины рисунок 1. В данном графе каждая вершина и ребро определяют набор показателей характеризующих качество гильз.

Гильза	$L, мм.$	$D, мм.$	$W, мкм$	$Ra, мкм$	$\Delta, мкм$	$\sigma, МПа$
Гидроцилиндра	500-1000	90-110	2-4	0.2-0.4	1-3	200-400
Пневмацилиндра	500-1500	60-100	1-3	0.1-0.3	1-3	200-400
Цилиндра ДВС	200-300	90-110	4-5	0.3-0.5	1-5	200-400

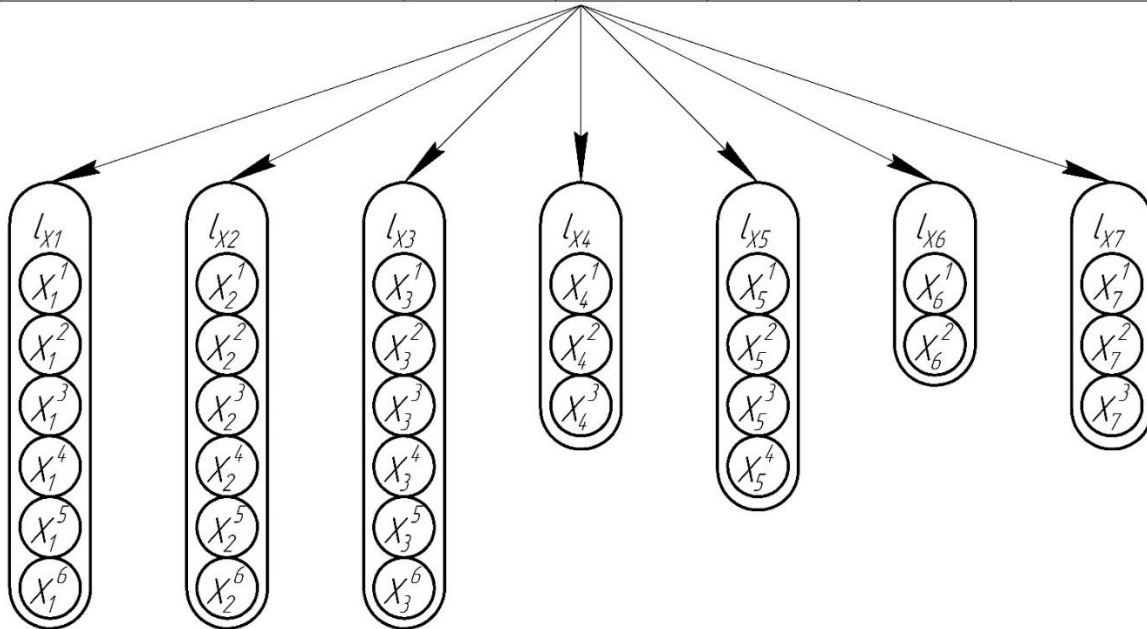


Рис.1 – Графовая модель показателей качества гильз цилиндров.

Каждое ребро l_i представляет собой множество вершин графа l_i в X и одновременно $l_i = \{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}\}$. Если $X_{i1} = X_{in}$ в свою очередь являются множествами, то $l_i = \bigcup_{i=1}^n X_i$.

Рассмотрим предметную ориентацию ребер и вершин графа $\Gamma_1 = (X, E)$. Качество гильз цилиндров включает в себя совокупность различных технологий их изготовления. Ребро l_{x1} представляет технологический процесс, использующий только лезвийный инструмент. На графе

это отображено ребром $l_{X1} = \bigcup_{i=1}^{k1} x_1^i$, где $k1$ определяет число операций в технологическом процессе. В данном ребре вершина X_1^1 представляет грубое точение, вершина X_1^2 представляет черновое точение, вершина X_1^3 представляет получистовое точение, вершина X_1^4 представляет чистовое предварительное точение, вершина X_1^5 представляет чистовое окончательное точение и вершина X_1^6 представляет тонкое точение. Таким образом ребро $l_{X1}X_n$ обуславливающее в использовании только лезвийного инструмента формируется следующим информационным массивом

$$l_{X1} = \bigcup_{i=1}^n X_1^1 \bigcup_{i=1}^n X_1^2 \bigcup_{i=1}^n X_1^3 \bigcup_{i=1}^n X_1^4 \bigcup_{i=1}^n X_1^5 \bigcup_{i=1}^n X_1^6$$

Ребро l_{X2} представляет технологический процесс, использующий лезвийный инструмент только на предварительных операциях, а в качестве финишных используется алмазное выглаживание поверхности. На графе это отображено ребром $l_{X2} = \bigcup_{i=1}^{k2} x_2^i$, где $k2$ определяет число операций в данном технологическом процессе. Вершина X_2^1 представляет грубое точение, вершина X_2^2 представляет черновое точение, вершина X_2^3 представляет получистовое точение, вершина X_2^4 представляет чистовое предварительное точение, вершина X_2^5 представляет предварительное выглаживание и вершина X_2^6 представляет окончательное выглаживание. Таким образом ребро $l_{X2}X_n$ обуславливающее в использовании на черновых операциях лезвийный инструмент, а на финишных операциях алмазный выглаживатель формируется следующим информационным массивом

$$l_{X2} = \bigcup_{i=1}^n X_2^1 \bigcup_{i=1}^n X_2^2 \bigcup_{i=1}^n X_2^3 \bigcup_{i=1}^n X_2^4 \bigcup_{i=1}^n X_2^5 \bigcup_{i=1}^n X_2^6$$

Ребро l_{X3} представляет технологический процесс, использующий лезвийный инструмент только на предварительных операциях, а в качестве финишных используется внутреннее шлифование поверхности. На графе это отображено ребром $l_{X3} = \bigcup_{i=1}^{k3} x_3^i$, где $k3$ определяет число операций в данном технологическом процессе. Вершина X_3^1 представляет грубое точение, вершина X_3^2 представляет черновое точение, вершина X_3^3 представляет получистовое точение, вершина X_3^4 представляет чистовое предварительное точение, вершина X_3^5 представляет предварительное шлифование и вершина X_3^6 представляет тонкое шлифование. Таким образом ребро $l_{X3}X_n$ обуславливающее в использовании на черновых операциях лезвийный инструмент, а на финишных операциях шлифовальные круги формируется следующим информационным массивом

$$l_{X3} = \bigcup_{i=1}^n X_3^1 \bigcup_{i=1}^n X_3^2 \bigcup_{i=1}^n X_3^3 \bigcup_{i=1}^n X_3^4 \bigcup_{i=1}^n X_3^5 \bigcup_{i=1}^n X_3^6$$

По существу задача идентификации эксплуатационных свойств гильз цилиндров в конструкторско-технологической документации охватывает две проблемы: точности геометрических параметров элементов гильз и их рабочих поверхностей и физико-химических свойств поверхностных слоев.

Ребро l_{X4} представляет точность геометрических форм гильз нормированных по ГОСТ 24642. На графе это отображено ребром $l_{X4} = \bigcup_{i=1}^{k4} x_4^i$, где $k4$ определяет число параметров характеризующих точность геометрических форм. Вершина X_4^1 представляет допуск цилиндричности ∇ , вершина X_4^2 представляет допуск круглости \bigcirc , вершина X_4^3 представляет допуск профиля продольного сечения Δ [2]. Таким образом ребро $l_{X4}X_n$ определяющее точность геометрических форм гильз формируется следующим информационным массивом

$$l_{X4} = \bigcup_{i=1}^n X_4^1 \bigcup_{i=1}^n X_4^2 \bigcup_{i=1}^n X_4^3$$

Ребро l_{X5} представляет точность рабочих поверхностей гильз нормированных по ГОСТ 2789. На графе это отображено ребром $l_{X5} = \bigcup_{i=1}^{k5} x_5^i$, где $k5$ определяет число параметров характеризующих точность рабочих поверхностей. Вершина X_5^1 представляет среднее арифметическое отклонение профиля Ra , вершина X_5^2 представляет наибольшую высоту шероховатостей профиля $Rmax$, вершина X_5^3 представляет средний шаг шероховатостей по

средней линии профиля Sm, вершина X_5^4 представляет относительную опорную длину профиля tr . Таким образом ребро $l_{X5}X_n$ определяет точность рабочих поверхностей гильз и формируется следующим информационным массивом

$$l_{X5} = \bigcup_{i=1}^n X_5^1 \bigcup_{i=1}^n X_5^2 \bigcup_{i=1}^n X_5^3 \bigcup_{i=1}^n X_5^4$$

Ребро l_{X6} определяет параметры волнистости, установленные рекомендацией РС 3951. На графе это отображено ребром $l_{X6} = \bigcup_{i=1}^{k6} x_6^i$, где $k6$ определяет число параметров характеризующих волнистость поверхности. Вершина X_6^1 представляет высоту волнистости W , вершина X_6^2 представляет средний шаг волнистости S_W . Таким образом ребро $l_{X6}X_n$ определяющее параметры волнистости рабочей поверхности гильз формируется следующим информационным массивом

$$l_{X6} = \bigcup_{i=1}^n X_6^1 \bigcup_{i=1}^n X_6^2$$

Ребро l_{X7} определяет параметры физико-химического состояния поверхностных слоев. На графе это отображено ребром $l_{X7} = \bigcup_{i=1}^{k7} x_7^i$, где $k7$ определяет число параметров характеризующих физико-химическое состояние поверхностного слоя. Вершина X_7^1 представляет параметры кристаллической структуры (размеры и форму зерен, текстуру, плотность дислокаций), вершина X_7^2 представляет параметры деформационного упрочнения (степень деформации %, степень и глубина наклепа h), вершина X_7^3 представляет параметры остаточные напряжения σ Мпа (макронапряжения - 1-го рода, микронапряжения - 2-го рода и статистические искажения решетки - 3-го рода) [3], вершина X_7^4 представляет параметры экзoeлектронную эмиссию (работу и глубину выхода электронов). Таким образом ребро $l_{X7}X_n$ определяющее параметры физико-химического состояния поверхностных слоев формируется следующим информационным массивом

$$l_{X7} = \bigcup_{i=1}^n X_7^1 \bigcup_{i=1}^n X_7^2 \bigcup_{i=1}^n X_7^3$$

В итоге требования к качеству гильз цилиндров на уровне комплексных и единичных показателей определена следующим объединением

$$l_1 = \bigcup_{i=1}^n X_n = \bigcup_{i=1}^n X_1^1 \bigcup_{i=1}^n X_1^2 \bigcup_{i=1}^n X_1^3 \bigcup_{i=1}^n X_1^4 \bigcup_{i=1}^n X_1^5 \bigcup_{i=1}^n X_1^6$$

$$\bigcup_{i=1}^n X_2^1 \bigcup_{i=1}^n X_2^2 \bigcup_{i=1}^n X_2^3 \bigcup_{i=1}^n X_2^4 \bigcup_{i=1}^n X_2^5 \bigcup_{i=1}^n X_2^6 \bigcup_{i=1}^n X_3^1 \bigcup_{i=1}^n X_3^2 \bigcup_{i=1}^n X_3^3 \bigcup_{i=1}^n X_3^4 \bigcup_{i=1}^n X_3^5 \bigcup_{i=1}^n X_3^6$$

$$\bigcup_{i=1}^n X_4^1 \bigcup_{i=1}^n X_4^2 \bigcup_{i=1}^n X_4^3 \bigcup_{i=1}^n X_5^1 \bigcup_{i=1}^n X_5^2 \bigcup_{i=1}^n X_5^3 \bigcup_{i=1}^n X_5^4 \bigcup_{i=1}^n X_6^1 \bigcup_{i=1}^n X_6^2 \bigcup_{i=1}^n X_7^1 \bigcup_{i=1}^n X_7^2 \bigcup_{i=1}^n X_7^3$$

Построенная математическая модель позволяет наглядно определить требования к качеству изготовления гильз цилиндров как объединение множеств показателей качества представленных ребрами графа $\Gamma_1 = (X, E)$

Литература

1. Кристофидес Н. Теория графов. – М.: Мир, 1976. – 432 с.
2. Палей М.А. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении Т2. – М.: Изд. Стандартов, 1989. – 208 с.
2. Ключев В.В. Машиностроение Энциклопедия в 40 томах Том IV – М.: Машиностроение, 2003.