

Анализируя геометрические параметры фрез, можно установить, что безразмерная ширина фрезы  $h$  изменяется от 0,68 до 0,86. Откладывая соответствующие отрезки на оси  $\eta$ , получим точки А и В на кривой  $\eta_{\max} = f(\Delta)$ , определяющие интервал возможной величины зазора пылеприемника.

#### Список использованных источников

1. Потоцкий В.Н., Федосеев Г.Н., Ковчур С.Г. Динамика движения пыли во всасывающем потоке шарошки. Сборник статей МНТК «Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении» - Витебск: ВГТУ, 1999. – 268 г.
2. Потоцкий В.Н., Федосеев Г.Н. Математическое моделирование движение пыли во всасывающем потоке. Сборник докладов МНТК «Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении» - Витебск: ВГТУ, 1999. – 288 г.

#### SUMMARY

The methods of the theory of differential equations and classical aerodynamics have been used in the theoretical research. The differential equations of a cylindrical dust particle movement in enlarged by a rotating mill and soaking up air flows at nonlinear (parabolic) and linear speeds distribution on the ring channel width of the dust collector have been obtained and solved numerically. It was established, that in practically significant cases the curvilinear projection of a dust particle trajectory in its movement in enlarged by a rotating mill and soaking up air flows can be considered a linear one and the spatial trajectory of a dust particle – a flat curve.

УДК 621.09

### QFD- МЕТОД МАКРОПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

*А.С. Фирсов*

Проектирование современных металлорежущих станков это достаточно сложная и кропотливая работа. Вновь создаваемые станки должны быть общественно-целесообразными, технически и эстетически совершенными, экономичными. Следовательно, основная цель и задача проектных работ – это создание станков, которые в момент их поставки потребителю находились бы на уровне лучших образцов или же превосходили их. При этом стоит уделять особое внимание качеству проектируемой продукции. Заложенное в процессе проектирования качество нового станка обеспечивает ему достойную конкурентоспособность создаваемой продукции. Большое значение, с точки зрения обеспечения качества при разработке нового металлорежущего станка, следует уделять этапу макропроектирования. На этапе макропроектирования производится определение значений инженерных характеристик, определяющих технический уровень будущей продукции. Составляется функциональная модель будущей продукции, т. е. создается перечень взаимосвязанных функций, которые должен выполнять станок. Кроме этого, на этапе макропроектирования принимаются те основополагающие технические решения, которые позволяют осуществить установленные функции. Завершением этапа макропроектирования является создание облика будущего станка, отражаемого в техническом задании и техническом предложении.

В свою очередь для того, чтобы будущий металлорежущий станок был конкурентоспособным на рынке, необходимо при создании его облика учитывать требования потребителей, предъявляемых к данному виду продукции. Поэтому, важную роль в процессе проектирования следует уделить тем параметрам будущего станка, которые важны для потребителя.

Следует отметить, что в настоящее время проектирования и производство нового металлорежущего оборудования немислимо без применения современных информационных технологий. CALS-технологии обеспечивают согласованную информационную поддержку (в электронном виде) на всех стадиях жизненного цикла изделия, начиная от получения заказа на новую продукцию и заканчивая ее утилизацией. В отличие от остальных стадий жизненного цикла изделия, стадия проектирования охвачена современными информационными технологиями преимущественно на завершающих этапах. В свою очередь процедуры этапа макропроектирования сложно поддаются автоматизации, ввиду низкой их формализации. Для повышения уровня формализации автор статьи предлагает использовать метод структурирования функции качества (так называемый QFD-метод) [1]. Метод структурирования функции качества позволяет формализовать процедуры нахождения оптимальных значений инженерных характеристик и соответственно задать значения для последующего автоматизированного составления технического задания на разрабатываемый металлорежущий станок.

Метод структурирования функции качества представляет собой последовательное заполнение и объединение отдельных информационных полей, в отдельную матрицу, получившую название «домик качества», рис. 1. Опишем основные этапы построения поиска значений инженерных характеристик металлорежущего станка, на основе QFD-метода.

Первым шагом является заполнение поля 1 (см. рис.1). Заполнению поля 1 предшествуют маркетинговые исследования, инструментом которых являются специальные опросные листы. Одним из результатов маркетингового исследования является определение списка требований потребителей, предъявляемых к ожидаемой продукции. Полученные данные заносятся в отдельные ячейки поля 1, рис. 2.

Здесь в качестве примера приведены некоторые потребительские требования, предъявляемые к металлорежущим станкам. Для металлорежущих станков количество потребительских требований может достигать несколько десятков.

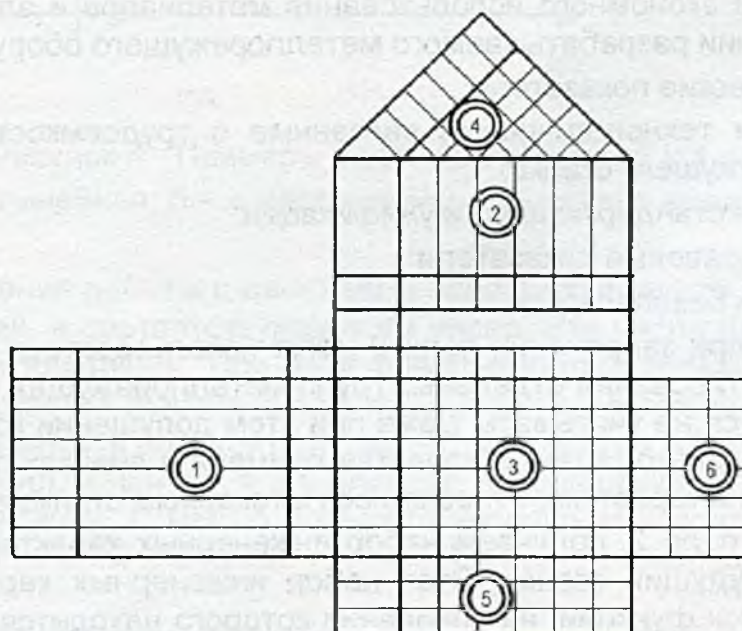


Рисунок 1 - Домик качества

Другим результатом маркетинговых исследований является определение рейтинга потребительских требований. Поскольку потребительские требования всегда противоречивы, то необходимо определить какие требования следует удовлетворить прежде всего, а какими можно пренебречь. Для решения этой задачи применяют метод попарного сравнения [2].

Номера п.п	Потребительские требования	Ранг
1	Станок обеспечивает заданную точность обработки	0,6
2	Станок малошумный	0,09
3	Станок многофункциональный	0,1
4	Станок компактный	0,08
5	Требования эстетичности станка	0,03
...	...	
<i>N</i>		

Рисунок 2 - Поле потребительских требований

В столбце "Ранг" против каждого потребительского требования (рис. 2) ставится число, которое обычно составляет долю единицы или проценты, так, что сумма всех рангов равняется единице или 100%. Заполнив поле 1 получают список потребительских требований и ранг каждого из них.

На втором шаге заполняется поле 2, «домика качества», рис. 2. При этом для разрабатываемого металлорежущего станка определяется список инженерных характеристик или показателей технического уровня. Стандартом предусмотрено восемь групп показателей, позволяющих количественно охарактеризовать различные свойства металлорежущего станка [3]:

1. показатели назначения, включающие в себя технологические, размерные, кинематические, силовые и динамические характеристики;
2. показатели надежности;
3. показатели экономного использования материалов и электроэнергии при изготовлении разрабатываемого металлорежущего оборудования;
4. эргономические показатели;
5. показатели технологичности, связанные с трудоемкостью изготовления металлорежущего станка;
6. показатели стандартизации и унификации;
7. патентно-правовые показатели;
8. показатели безопасности.

В общем случае при заполнении поля 2 могут использоваться все виды показателей. Но при проектировании отдельных групп металлорежущих станков часть показателей допускается не учитывать. Даже при этом допущении количество показателей достигает несколько сотен. В качестве примера в ячейках отмечены отдельные инженерные характеристики, относящиеся к токарным станкам.

Заполнив ячейки поля 2, получаем набор инженерных характеристик, которыми должен обладать будущий станок. Этот набор инженерных характеристик представляет собой список функций, на основании которого находится функциональная модель будущего станка.

Инженерные характеристики	Количество обрабатываемых деталей одновременно	Пределы частот вращения шпинделя	Максимальный крутящий момент на шпинделе	Динамическая жесткость	Ремонтопригодность		
	1	2	3	4	5	...	M

Рисунок 3 - Инженерные характеристики

Третьим шагом при заполнении матрицы будет являться объединение полей 1 и 2 и последовательное заполнение поля 3, рис. 1.

Каждой ячейке будет соответствовать некоторая зависимость, графически она может быть представлена следующим образом. Инженерные характеристики (ИХ) откладывают по горизонтальной оси, а по вертикальной — потребительские требования (ПТ). Когда говорят об ИХ, нужно учитывать, что они заданы на некотором ограниченном интервале оси. Выбор ряда значений ИХ внутри области, в которой она может существовать, элемент отдельной работы. Задав область значений ИХ определяется регрессионная модель, отражающая зависимость отдельной инженерной характеристики от потребительского требования. При этом все виды зависимостей сводятся к упрощенному виду, например прямой (рис. 4, а) или кривой (рис. 4, б), а в отдельном случае к неявно выраженному (рис. 4, в).

Для того чтобы узнать, какой вид зависимости в каждой из огромного числа клеток надо обратиться к одному из следующих источников:

1) здравый смысл, теоретические представления; 2) экспертное суждение; 3) литературные данные; 4) наблюдения, практический опыт; 5) специально спланированный эксперимент.

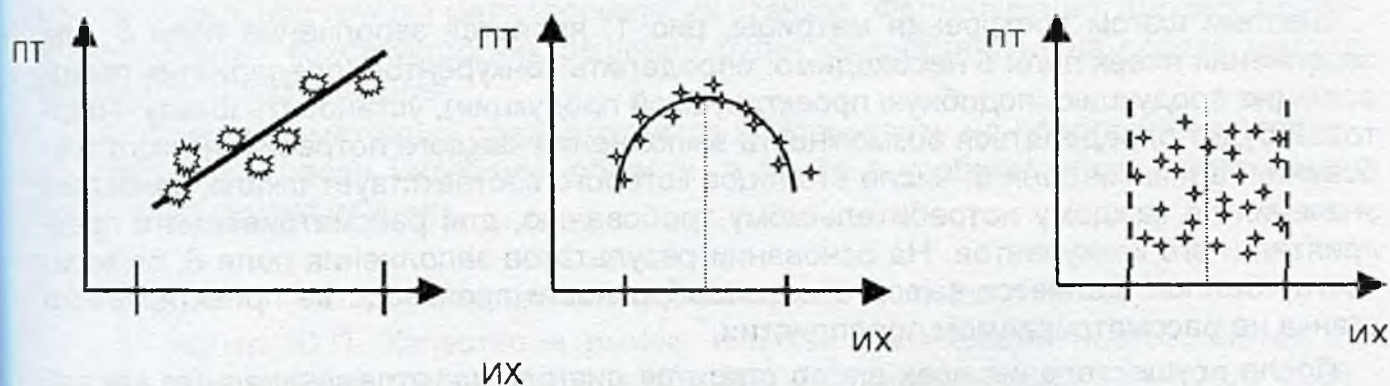


Рисунок 4 - Примеры видов зависимостей ИХ от ПТ  
а — линейная; б — криволинейная; в — неявно выраженная

С целью упрощения работы с данными в поле 3 отражаются не графики и уравнения зависимостей, а соответствующие им числа. Эти числа называются коэффициентами парной корреляции. При этом довольствуются только тенденцией влияния, которая выражается в знаке корреляции (если с ростом инженерных характеристик удовлетворенность потребителя растет, корреляция имеет знак плюс, а если падает — знак минус), и "силой" этого влияния, которая выражается в величине коэффициента корреляции. С целью большего упрощения коэффициентам корреляции задается одно из пяти значений: +1; +0,5; 0; -0,5; -1. Именно эти числа заносятся в ячейки поля 3.

Четвертым шагом является уточнение взаимосвязей инженерных характеристик друг от друга. Для этого заполняется поле 4, рис. 1. Поле 4 представляет собой по-

ловину таблицы попарного анализа инженерных характеристик. Характер взаимосвязей инженерных характеристик друг от друга выражается в символьном виде:

- - слабое отрицательное влияние;
- = - сильное отрицательное влияние;
- + - слабое положительное влияние;
- ++ - сильное положительное влияние.

Примером сильного положительного влияния при парном сравнении характеристик, может быть взаимосвязь максимального крутящего момента на шпинделе и жесткости станины, для токарного станка, т. е. с увеличением крутящего момента на один порядок, жесткость должна увеличиваться в большее число порядков. Важность четвертого шага нельзя недооценивать, поскольку в случае с инженерными характеристиками количественное изменение одной из них повлечет за собой изменение других.

Пятым шагом является определение весов инженерных характеристик. Значения весов заносятся в соответствующие ячейки поля 5, рис. 1. Для расчета веса инженерной характеристики следует воспользоваться формулой

$$R_{ju} = \sum_{u=0}^N r_u \cdot x_{ju},$$

где  $R_{ju}$  – вес инженерной характеристики;

$j$  – порядковый номер инженерной характеристики, изменяется от 1 до  $M$ ;

$u$  – порядковый номер потребительского требования, изменяется от 1 до  $N$ ;

$x_{ju}$  -- коэффициент, соответствующий зависимости ИХ от ПТ, в поле 3;

$r_u$  – ранг  $u$ -го потребительского требования.

Шестым шагом построения матрицы, рис. 1, является заполнение поля 6. Для заполнения ячеек поля 6 необходимо: определить конкурентов (предприятия производящие продукцию, подобную проектируемой продукции), установить шкалу, по которой будет определяться возможность выполнения каждого потребительского требования; в ячейки поля 6, число столбцов которого соответствует шкале, заносятся значения по каждому потребительскому требованию, для рассматриваемого предприятия и его конкурентов. На основании результатов заполнения поля 6, по количеству баллов, делается вывод о целесообразности производства проектируемого станка на рассматриваемом предприятии.

После осуществления всех шагов строится диаграмма, отражающая вес каждой инженерной характеристики. Общий вид диаграммы представлен на рис. 5. На весовой диаграмме обозначаются наиболее приоритетные направления при проектировании нового станка. При ограничении времени, ресурсов, денег и т. д., осуществление работ в направлении совершенствования отмеченных инженерных характеристик, рис. 5, (т. е. первостепенная реализация функций, отвечающих за данную инженерную характеристику), является главной задачей с точки зрения удовлетворения требований потребителя.

Для случая, когда инженерная характеристика имеет численное выражение, то с помощью весового коэффициента соответствующей инженерной характеристики можно определить ее оптимальное значение. Для этого достаточно воспользоваться следующей зависимостью

$$R_j = \frac{(R_{j\max} - R_{j\min}) \cdot R_{ju}}{100},$$

где  $R_j$  – оптимальное значение инженерной характеристики;

$R_{jmax}$  – максимальное принятое значение инженерной характеристики;

$R_{jmin}$  – минимально принятое значение инженерной характеристики;

$R_{ju}$  – вес инженерной характеристики.

Полученное значение  $R_j$  является оптимальным значением инженерной характеристики. В случае, когда значение инженерной характеристики нужно изменить, то изменение следует производить с учетом диаграммы, рис. 5 и характером взаимосвязи данной инженерной характеристики с остальными инженерными характеристиками во всей соответствующей ей строке поля 4.

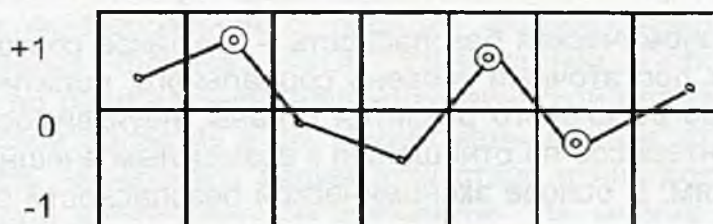


Рисунок 5 - Весовая диаграмма инженерных характеристик

Отметим, что для отдельной группы (гаммы) металлорежущих станков матрица структурирования функции качества будет иметь сходный вид. А с учетом того, что все шаги построения «домика качества» имеют четкую логическую последовательность, не составляет особой сложности автоматизировать процесс определения инженерных характеристик при проектировании отдельной группы металлорежущих станков. Кроме того, на основании всех полученных данных, при построении вышеописанной матрицы, составляется основополагающий документ конструкторской документации – техническое задание на проектирование.

В дальнейшем предполагается автоматизировать процедуры макропроектирования для отдельной группы металлорежущих станков. Формализация процесса поиска оптимальных конструкторских решений будет осуществлена на основе метода группового проектирования.

Предложенную методику предполагается использовать на предприятиях станкостроительной отрасли Витебской области, а также в учебном курсе «Управление качеством и сертификация».

#### Список использованных источников

1. Адлер Ю.П. Качество и рынок, или как организация настраивается на обеспечение требований потребителя // Стандартизация и качество. 1999. №8, с. 7-15.
2. Моисеева Н.К., Карпунин М.Г. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа. – М.: Высшая школа. 1988. – 192 с.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т1: Проектирование станков // А.С. Проников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Аполонов и др.; Под. общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1994. – 444 с.

#### SUMMARY

The article is dedicated to problem to formalizations of early stage designing machine tools. The approach to formalizations early stage designing machine tools on base of the structuring to functions quality is offered. The technique of the determination of the main engineering features machine tools is presented. The basic principles realized automated determinations the technical requirement for machine tools designing are described. Stated in article methods finding of the main technical features of the designed equipment can be applying at development complex CAD machine tools.