

## **Выбор перемешивающего устройства на основе построения его морфологической модели**

Арет В.А., Орлов В.В., Зеленков С.К.

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий

*Предложена процедура построения морфологической модели структуры перемешивающего устройства. Определены морфологические параметры модели, выбраны морфологические значения этих параметров. Построена морфологическая модель (матрица) объекта. На примере смесителя для творога с наполнителями показана процедура выбора моделей структуры.*

Ключевые слова: перемешивающее устройство, морфологическая модель, морфологические параметры.

Выбор перемешивающего устройства является сложной многопараметрической задачей, что связано с многообразием типов перемешивающих устройств [1-3], различием в свойствах перемешиваемых сред, заданием различного уровня достижения уровня концентрационного градиента в перемешиваемой системе и т.п. Применяемые в настоящее время методики [4, 5], основаны на соблюдении соответствия конструктивных особенностей мешалок физико-механическим свойствам перемешиваемой среды, что позволяет отграничить ряд перемешивающих устройств (например для маловязких жидкостей — быстроходные мешалки, для высоковязких — тихоходные). Дальнейший выбор осуществляется на основе инженерного опыта, интуиции либо после проведения экспериментальных исследований. В первом случае отсутствует гарантия выбора оптимального решения, во втором, требуются длительные, дорогостоящие исследования.

Задача объективного выбора перемешивающего устройства может быть решена на основе предложенного Ф.Цвикки морфологического подхода [6], широко применяемого для анализа и синтеза технических систем [7,8]. Метод представляет собой систематическое нахождение всех возможных вариантов системы путем комбинированного выделения структурных элементов и их признаков. Процедура включает следующие этапы:

1. формулирование определения объекта;
2. ограничение параметров объекта;
3. сопоставление каждому из параметров объекта набор идентифицирующих признаков;
4. нахождение возможных вариантов значений идентифицирующих признаков;
5. составление морфологической модели — матрицы;
6. выбор вариантов решения проблемы.

Анализ научно-технической литературы позволил выявить определение объекта в виде: смеситель — это устройство, осуществляющее воздействие подключенным к приводу рабочим органом на компоненты рабочей среды.

Применив декомпозицию описания объекта, определим морфологические параметры в виде:

$P_1$  — организация воздействия на перемешиваемую среду;  $P_2$  — привод рабочего органа;  $P_3$  — рабочий орган;  $P_4$  — перемешиваемая среда.

Полученным морфологическим параметрам сопоставим наборы идентифицирующих признаков:

для  $P_1$ :  $R_1^1$  — временная организация воздействия;  $R_1^2$  — принцип воздействия;

для  $P_2$ :  $R_2^1$  — тип привода;  $R_2^2$  — организация соединения с мешалкой;

для  $P_3$ :  $R_3^1$  — тип мешалки;  $R_3^2$  — расположение мешалки;

для  $P_4$ :  $R_4^1$  — фазовое состояние компонентов перемешиваемых сред (т — твердый, ж — жидкий, г — газообразный).

Путем перехода к отдельным значениям сформулированных признаков была получена морфологическая модель объекта (табл.1).

Таблица 1

$P_1$	$R_{1(1)}^1$ - периодическая		$R_{1(2)}^1$ - непрерывная		$R_{1(3)}^1$ - циклическая	
	$R_{1(1)}^2$ - статическое смещение		$R_{1(2)}^2$ - механическое перемешивание		$R_{1(3)}^2$ - положение электромагнитного поля	
$P_2$	$R_{2(1)}^1$ - бесприводной		$R_{2(2)}^1$ - ручной		$R_{2(3)}^1$ - электрический	
	$R_{2(1)}^2$ - через вал		$R_{2(2)}^2$ - через редуктор и вал		$R_{2(3)}^2$ - бесконтактно	
$P_3$	$R_{3(1)}^1$ - лопастная	$R_{3(2)}^1$ - турбинная	$R_{3(3)}^1$ - якорная (рамная)	$R_{3(4)}^1$ - шнековая	$R_{3(5)}^1$ - комбинированная	
	$R_{3(1)}^2$ - горизонтально		$R_{3(2)}^2$ - вертикальное		$R_{3(3)}^2$ - наклонное	
$P_4$	$R_{4(1)}^1$ т-т	$R_{4(2)}^1$ ж-ж	$R_{4(3)}^1$ г-г	$R_{4(4)}^1$ т-ж	$R_{4(5)}^1$ т-г	$R_{4(6)}^1$ ж-г

Морфологическая модель объекта задает комбинаторное множество возможных вариантов структуры объектов. Количество вариантов определяется количеством идентифицирующих параметров. В частности, на основе полученной модели может быть построено следующее количество вариантов структуры объекта:

$$N=3 \times 3 \times 3 \times 5 \times 3 \times 6=7290$$

Рассмотрим выбор варианта структуры устройства для смешения творага и наполнителей в поточном производстве. Для поточного производства характерно непрерывное воздействие на продукт  $R_{1(2)}^1$ . Полагая, что течение творага в рабочих органах перемешивающего устройства соответствует

течению вязкой жидкости выбираем механическое перемешивание ( $R_{1(2)}^2$ ) с электрическим приводом ( $R_{2(3)}^1$ ) через редуктор и вал ( $R_{2(2)}^2$ ) либо перемешивание бесконтактным ( $R_{2(3)}^2$ ) наложением электрического поля ( $R_{1(3)}^2$ ). Может быть применена якорная ( $R_{3(3)}^1$ ), шнековая ( $R_{3(4)}^1$ ), либо комбинированная  $R_{3(5)}^1$  мешалка любого расположения ( $R_{3(1)}^2, R_{3(2)}^2, R_{3(3)}^2$ ). Полагаем, что перемешивается с творогом твердый наполнитель ( $R_{4(4)}^1$ ). Тогда, исходя из выбранных морфологических параметров перемешивающего устройства получаем граф-функцию вариантов структуры перемешивающего устройства (рис.1).

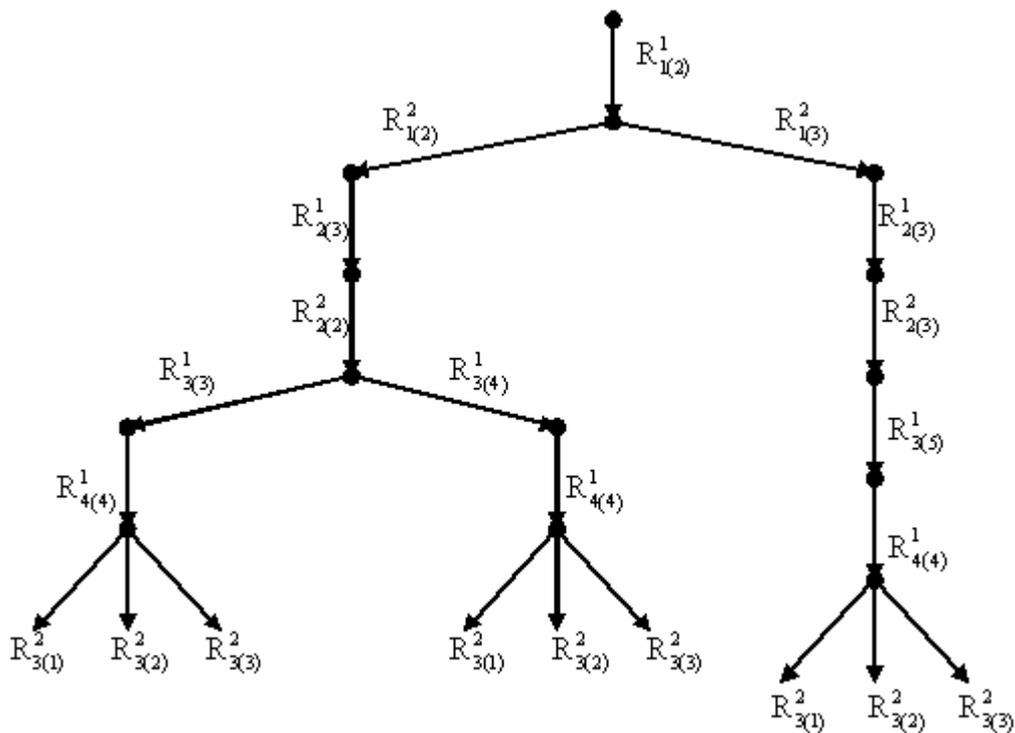


Рис.1. Граф-функция вариантов структуры устройства для смешивания творога с наполнителями

Для выделенных девяти вариантов структуры объекта по научно-технической и патентной литературе определяем технические характеристики и выбираем оптимальный вариант либо исходя из технико-экономической оценки, либо привлекая положения теории принятия решений [9].

## Список литературы

1. Брагинский Л.М., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах. – Л.: Химия, 1984. – 336с.
2. Швонец В.Н., Зайцев В.Н. Аппараты с перемешивающими устройствами. – Кемерово: КТИПП, 1993 – 135с.
3. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками./Пер. с польского под ред. И.А. Шупляке. – Л.: Химия, 1975 – 384с.

4. Руководящий нормативный документ. Механические перемешивающие устройства. Метод расчета. РД 26-01-90-85. Л.: РТП ЛенНИИХимМаша, 1985 – 384с.
5. ГОСТ 20680-2002. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами. Общие технические условия. – Минск: ИПК издательство стандартов, 2002 – 18с.
6. Zwicky F. Discovery, Invention, Research through the Morphological Approach. New York: McMillan, 1969.
7. Одрин В.М. Метод морфологического анализа технологических систем. М.: ВНИПИ, 1989 – 310с.
8. Назаров А.А., Орлов В.В. Построение морфологической модели технологического процесса с целью прогнозного обеспечения путей его совершенствования. В кн.: Процессы, управление, машины и аппараты пищевой технологии. – Л.: ЛТИ им Ленсовета, 1985 – с.13-18.
9. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. /Пер. с нем. Н.В.Васильченко, В.А. Думского. – М.: Мир, 1990 – 204с.

## **Choosing a mixer on the basis of morphological modeling**

V.A.Aret, V.V.Orlov, S.K. Zelenkov.

Saint-Petersburg State University of Refrigeration & Food  
Engineering

*A procedure of constructing a morphological model for a mixer design is proposed. Defined are morphological parameters of the model, and chosen are morphological values of these parameters. A morphological model (matrix) of an object is made. The procedure of choosing a design type is shown by the example of a cottage cheese blender.*

**Key words:** mixer, morphological model, morphological parameters