

А. П. Иванова, М. А. Васильева, А. И. Воронков, А. Д. Припадчев, Л. В. Межуева

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРИЛОЖЕНИИ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ПРОЦЕССУ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОДНОРОДНОЙ ПИЩЕВОЙ МАССЫ

В статье рассматривается вопрос геометрического моделирования поверхностей. Приведены результаты исследования по созданию поверхностей рабочей камеры вибросмесителя и выбору оптимального решения для получения однородной смеси. Определены предпосылки по проектированию перспективных поверхностей, уменьшающих мертвые зоны и увеличивающих полезную площадь виброконтакта в 1, 5-2, 5 раза. Сделан поиск нового конструктивного решения за счет геометрического моделирования поверхности виброконтакта.

Без использования методов прикладной геометрии практически не обходится решение не одного конструктивного вопроса, связанного с проектированием, доработкой или модернизацией технологического объекта.

Известно, что влияние геометрических форм контактных поверхностей в пищевой, комбикормовой и других отраслях промышленности столь велико, что незначительное изменение их в ту или иную сторону может свести на нет эффективность всего производственного процесса.

Рассматривая геометрическое моделирование в приложении к такому технологическому процессу, как смешение сыпучих компонентов в торообразном вибрационном смесителе, следует отметить, что изменение геометрических форм рабочих поверхностей, передающих вибрационный фон, позволяет решать задачу снятия сил трения и сцепления [1].

Экспертные системы, оперируя логическими выкладками, свидетельствуют о том, что эффект виброобработки определяется снижением вязкости, из чего вытекает вывод, связанный с целесообразностью применения в вибрационных смесителях периодического действия геометрически развитых поверхностей различных форм и размеров.

На начальном этапе можно осуществить декомпозиции конструкции смесителя на составные элементы, передающие вибрационный импульс приготавливаемой смеси: рабочую камеру и внутреннюю рабочую поверхность (насадку). Решая проблему геометрического моделирования контактных рабочих поверхностей, следует рассматривать ее в совокупности с динамической системой, создающей колебания рабочих органов, с траекторией движения материала в рабочей зоне смесителя, с физико-механическими характеристиками обрабатываемых сред, с технологическими условиями процесса и т. д.

Учет выше перечисленных факторов позволяет выбрать форму рабочей камеры вибросмесителя, наиболее приемлемую для данного процесса,

при этом следует иметь в виду оптимальность загрузки (таблица 1).

Анализ наиболее широко применяемых геометрических форм [4] рабочих камер позволяет говорить об оптимальном конструктивном решении. Следует иметь в виду, что передача энергии обрабатываемому материалу осуществляется в первую очередь через поверхность самой камеры, а во вторую через геометрические поверхности виброконтакта, устанавливаемые внутри рабочего пространства смесителя, и чем лучше развиты перечисленные формы, тем больше площадь их соприкосновения со смесью и тем интенсивнее протекает процесс перемешивания.

Таким образом, проблема выбора из множества возможных вариантов перспективного, то есть такого, который имел бы наибольшую внутреннюю площадь рабочей поверхности виброконтакта, исключительно важна для создания основ оптимизации рассматриваемого процесса.

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что наибольшая полезная площадь поверхности виброконтакта соответствует вибрационному смесителю с рабочей камерой, выполненной в виде тора. Это всего лишь первый шаг поиска нового технического решения, который должен быть связан системно с решением других вопросов, учитывающих многофункциональность оборудования, эффективность его работы на основе разнообразия режимов, физико-механических параметров, а также внутренней характеристики системы.

В качестве внутренней характеристики системы может быть выбран вибрационный импульс (i), передаваемый геометрически смоделированной поверхностью перемешиваемой массе, и чем больше будет его величина, тем эффективнее процесс [2].

Экспериментальные данные показывают, что внутренняя характеристика системы функционально связана с геометрической поверхностью виброконтакта и выходными параметрами процесса перемешивания сыпучих компонентов, поэтому

целью прикладной геометрии является моделирование такой геометрической поверхности, которая обеспечивала бы наилучшее решение при оптимизации процесса. Интенсивность протекания процесса смешения определяется величиной вибрационного импульса:

$$I = WQ / E \Gamma S_v,$$

где W – энергия единицы массы, Дж/кг;
 Q – производительность, кг;
 S_v – параметр, зависящий от геометрической поверхности виброконтакта, м;
 E – энергия, идущая на полный цикл смешения, Дж;
 Γ – геометрический симплекс.

Следует отметить, что энергию единицы массы процесса смесеприготовления в торообразном аппарате целесообразно представить в следующем виде:

$$W = A^2 w^3 t,$$

где A – амплитуда, м;
 w – частота колебаний, с⁻¹;
 t – время смешения, с.

Рассматривая изменение величины вибрационного импульса даже в незначительном диапазоне режимных параметров для вышеперечисленных конструкций рабочих камер, можно убедиться в эффективности использования именно торо-

образной геометрической формы, о чем свидетельствуют кривые изменения виброимпульса во времени (рисунок 1).

Все сказанное относится к гладким поверхностям рабочих камер, но для технологических аппаратов могут быть использованы элементы, усложняющие их поверхности с увеличением площади в несколько раз, к таковым следует отнести изготовление гофрированных поверхностей.

Варьируя геометрическими размерами гофры, можно добиться увеличения поверхности в 1,5–2,5 раза, однако следует отметить, что необходимо ввести ограничения в исследуемом диапазоне связанные, с одной стороны, с увеличением до максимально возможной площади, но с другой стороны, исключить возможность появления мертвых зон в рабочем пространстве вибросмесителя.

Степень конструктивного совершенства торообразного вибросмесителя зависит от возможности получить в нем смесь нужного качества, то есть максимальной однородности, на что оказывают первостепенное влияние такие факторы, как:




- геометрическая поверхность виброконтакта, выражаемая ее площадью;
- отсутствие мертвых зон в рабочем пространстве смесителя;
- режимные характеристики процесса, определяемые амплитудно-частотными характеристиками, углом развода дебалансов;
- плотность, вязкость, геометрические размеры смешиваемых компонентов, представляющие собой группу физико-механических свойств обрабатываемых сред.

При проектировании такой сложной системы, каковой является технологический процесс приготовления однородной кормовой массы в торообразном вибросмесителе, необходимым и достаточным условием является получение достоверных характеристик, содержащих информацию о свойствах системы, которая может быть подвергнута обработке с целью оптимизации процесса.

Влияние геометрических форм контактных поверхностей, представляющих собой рабочий орган вибросмесителя, на эффективность процесса в целом может быть выражено системой разностных уравнений сформированных параметров эффекта, таких как мощность, производительность, энергия, расходуемая на полный цикл смешения, степень однородности смеси [3].

При проектировании новых конструкций внутренних рабочих виброактивных поверхностей (насадок) целесообразно воспользоваться методами

Таблица 1

| Геометрические формы рабочих камер смесителей | Площадь полезной рабочей поверхности (Св.к.), объем камеры (V) | Величина полезной поверхности виброконтакта (Св.к.) в условных ед. | Величина полезного объема (V) рабочей камеры в условных единицах |
|---|--|--|--|
|  Цилиндрическая | Св.к.=2pRH V=pR ² H | 5,13 | 1 |
|  Коническая | Св.к.=pRl V=1/3pR ² H | 3,387 | 1 |
|  Двух усеченных конусов | Св.к.=2[p(R1+R2)l+R2 ²] V=1/3pH(R1 ² +R2 ² +R1R2) | 4,27 | 1 |
|  Торообразная | Св.к.=4p ² Rr V=2p ² Rr ² | 5,6949 | 1 |

геометрического моделирования с учетом совокупности необходимых свойств, накладываемых на технологический объект.

Эта задача не проста, так как всегда возникает дилемма, какие из свойств необходимо учитывать и какие из учтенных занимают приоритетное положение, из чего следует, что это процесс эмпирический, который может иметь несколько логических решений.

Использование элементов геометрического моделирования позволяет получать внутренние рабочие поверхности с большей виброактивной площадью и сложной конфигурацией.

Вводя геометрические элементы, усложняющие конфигурацию насадок, можно добиться уменьшения угла отражения смешиваемых частиц при соударении их с усложненной формой конструкции, позволяющего интенсифицировать движение приготавливаемой массы в рабочем пространстве смесителя.

Эмпирические исследования, направленные на отыскание оптимальных конструкций контактных поверхностей, свидетельствуют о необходимости учета и взаимоувязки их формы, площади и объема.

Наиболее обтекаемые формы имеют поверхности вращения, в связи с этим геометрическое моделирование начинается с использования конструктивного сочетания элементов классических поверхностей.

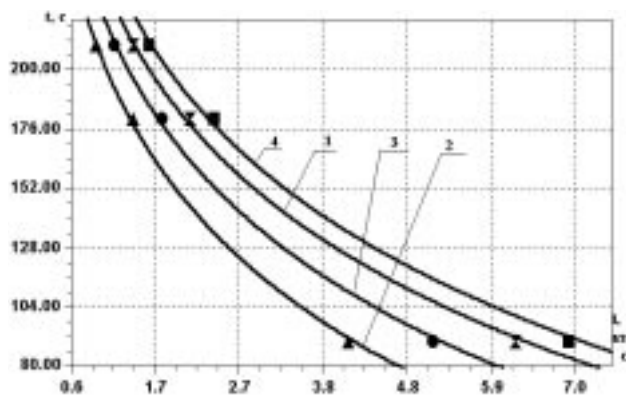


Рисунок 1. Зависимость вибрационного импульса (i) от продолжительности цикла смешения (t), для различных форм рабочих камер:
1 – цилиндрической, 2 – конической, 3 – двуконусной, 4 – тороидальной.

В качестве примера можно рассмотреть моделирование на основе конической поверхности вращения, которому соответствуют результаты, получаемые при их применении в технологическом процессе (таблица 2). Анализ полученных результатов показывает, что, руководствуясь лишь площадью смесильного элемента, без учета его формы, невозможно получить желаемый результат, то есть большая площадь при сложной конфигурации может давать парадоксальный результат, то есть создавать мертвые зоны в рабочем пространстве смесителя, которые негативно влияют на общую однородность приготавливаемой пищевой массы.

Таблица 2

| Форма смесительного элемента | Св.к Площадь поверхности виброконтакта, м ² | m Масса загрузки, кг | t Время смешения, с | i Вибрационный импульс, Кг м/с | E Энергия расходуемая на цикл смешения, Кдж | M Степень однородности смеси, % |
|------------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| | 0,259 | 1 | 240 | 1,65 | 2,93 | 86,12 |
| Патент № 2122891 | 0,627 | 1 | 210 | 1,77 | 2,562 | 95 |
| Патент № 2137536 | 1,013 | 1 | 180 | 2,13 | 2,273 | 93,8 |

В таблице 2 при внешней видимости положительного результата (для модели типа «елочка»), то есть уменьшении времени смешения (до 180 с) и увеличении вибрационного импульса (до 2,13 кг м/с), приводящего к снижению расхода энергии на полный цикл смешения (2,273), наблюдается некоторое снижение общей однородности (93,8), объясняемое наличием мертвых зон под основаниями конусов, из чего следует вывод, что при геометрическом моделировании конструкций смесильных элементов следует избегать остроугольных форм (то есть поверхностей, резко переходящих одна в другую), заменяя их плавными, обтекаемыми переходами в виде торовых элементов.

Список использованной литературы:

1. П. Ф. Овчинников. Виброреология. Киев. Наукова думка, 1983. 271 с.
2. А. П. Иванова. Автореферат. Дисс... к. т. н. Оренбург, 2000. 20 с.
3. Л. П. Карташов, В. Ю. Полищук. Системный синтез технологических объектов АПК. Екатеринбург, УрОРАН, 1998. 185 с.
4. В. А. Маневич. Аналитическая геометрия с теорией изображений. Москва. Высшая школа, 1969. 180 с.