

# Эффективное оборудование для производства технологически стойких жировых эмульсий

**Ересько Г.А., д.т.н.,  
Гуляев-Зайцев С.С., д.т.н.,  
Кимачинский С.И., с.н.с., академик МАИ,  
Нарижный С.А., н.с.,  
Технологический институт молока и мяса**

*На основании анализа известных технических решений и экспериментальных исследований процесса диспергирования растительных и молочного жиров разработан эффективный эмульсор для получения технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов. Результаты работы могут быть использованы при решении практических вопросов производства вязких эмульсионных продуктов.*

В последние годы в маслодельной отрасли молочной промышленности, наряду с производством натурального сливочного масла, широко внедряются технологии спредов — пищевых продуктов с комбинированным составом жировой фазы. Поэтому потребность в современных технологиях и оборудовании для изготовления спредов, новых видов легких маргаринов и других продуктов с комбинированной жировой основой, возрастает с каждым годом, особенно учитывая то, что при выработке молочных продуктов, в т. ч. и жировых, довольно широко используются растительные жиры и заменители молочного жира.

Как известно, в основе промышленного производства сливочного масла и спредов лежат процессы преобразования фаз «жир-плазма», и основополагающим фактором, обеспечивающим получение качественного продукта, является стойкость жировой эмульсии. Таким образом, при изготовлении продуктов с комбинированной жировой фазой одной из важнейших технологических операций является эмульгирование жира — получение технологически стойких дисперсных систем.

Недостаточное количество современного и эффективного оборудования для получения агрегативно-устойчивых эмульсий сдержива-

ет развитие производства. В настоящее время для диспергирования жировой фазы применяют самые разнообразные эмульгирующие устройства: гомогенизаторы, эмульсоры роторного типа и центробежные насосы. Последние часто не обеспечивают необходимую дисперсность эмульсий [1–4]. В конечном счете, это сказывается на снижении качества готовых продуктов и способствует повышению отхода жира в виде потерь.

Исследования, проведенные в нашем институте [5–8] показали, что для эмульгирования жиров целесообразно использовать роторные устройства, но процесс получения эмульсий необходимой технологической устойчивости с их применением фактически не изучен.

Сейчас для получения комбинированных эмульсий используется большое количество разнообразных устройств: центробежных, винтовых, сопловых, вакуумных, клапанных, ультразвуковых, вибрационных, вихревых и др. [1, 9], которые можно разделить на три группы.

1. Аппараты с вращающимися рабочими органами, смешивающие аксиальные слои, расположенные в поле скоростей лопастной, пропеллерной, винтовой мешалки или ротора.

2. Поршневые аппараты, использующие преобразование высокого гидравлического давления в скорость истечения.

3. Аппараты, в которых реализуются нестационарные гидромеханические процессы — акустические колебания, вибрации, пульсации, кавитация.

Каждая из этих групп имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные изначально заложенными в конструкцию устройств механизмами получения высокодисперсных жировых эмульсий.

Энергия, затрачиваемая на получение технологически стойкой жировой эмульсии при производстве спредов — важнейший показатель, характеризующий совершенство

применяемого оборудования, который является интегральным показателем, зависящим от принципа действия и конструктивных особенностей диспергирующего устройства.

В результате анализа известных технических решений и на основе экспериментальных исследований процесса эмульгирования молочного и растительных жиров нами разработан эмульсор\* для подготовки технологически стойких жировых эмульсий при производстве спредов. В основу технического решения положен принцип, базирующийся на эффекте гидродинамической обработки вязкой жидкости, проходящей в пульсирующем зазоре между вращающимся ротором и неподвижным статором. Рабочие органы эмульсора (рис. 1) выполнены в виде конического профильного статора и, вращающегося с помощью привода, коаксиального профильного конического ротора. Тыльная сторона ротора снабжена лопатками, создающими при вращении центробежный эффект, который обеспечивает создание необходимого напора продукта на выходе.



**Рис. 1. Внешний вид рабочих органов эмульсора**

Зазор между ротором и статором, по пути следования исходных компонентов продукта, образует рабочую зону эмульги-

\* Промышленное производство эмульсора освоено подведомственным ТИММ предприятием.

рования, в которой осуществляется процесс гидродинамической обработки при переменном градиенте скоростей, что обеспечивает широкий спектр воздействия на продукт и высокую эффективность процесса эмульгирования.

Принцип действия эмульсора заключается в следующем: исходные компоненты смеси подаются во входной патрубке

эмульсора и попадают в рабочий зазор между ротором и статором, где интенсивно смешиваются, гомогенизируются и эмульгируются, а затем с помощью лопастей ротора подаются в выходной патрубок эмульсора для циркуляции или выгрузки. Степень диспергирования определяется интенсивностью механической обработки в рабочем зазоре и кратностью циркуляции продукта.

На рисунках 2 и 3 показан внешний и общий вид экспериментально-промышленного роторно-вихревого эмульсора Я5-ОММ.

Эмульсор состоит из: рамы 1 с приводом 2, на фланце которого с помощью стакана 3 установлен корпус 4 эмульгирующего устройства (рис. 3). Крышка 5 корпуса посредством входного патрубка 6 соединяется с трубопроводом для подвода исходного продукта или его компонентов.

В корпусе эмульгирующего устройства установлен профильный конический статор 7, который образует с вращающимся профильным коническим ротором 8, установленным на промежуточном валу 9, рабочий зазор диспергирования. Величина рабочего зазора может регулироваться от 0,22 до 3 мм с помощью распорной гайки 10, при одновременном ослаблении откидных болтов 11, фиксирующих положение крышки со статором. Для улучшения отвода продукта тыльная часть ротора выполнена в виде лопастного колеса 12 центробежного насоса. Промежуточный вал герметизирован торцевым уплотнением 13.

Эмульсор снабжен сливным краном 14 и выходным патрубком 15 для соединения с трубопроводом циркуляции или выгрузки. Электропривод эмульсора защищен от попадания воды и моющих растворов кожухом 16. Техническая характеристика эмульсора представлена в табл. 1.

Для сравнительной оценки эффективности работы роторно-вихревого диспергирующего устройства были проведены испытания конструкции на эмульсиях с концентрацией жировой фазы от 3,5 до 72,5%. Результаты представлены в табл. 2.

Как видно из данных таблицы 2 роторно-вихревое диспергирующее устройство имеет достаточно высокую производительность получения тонкодисперсных жировых эмульсий при сравнительно невысоких удельных затратах энергии.

Кроме того, проведены испытания эмульсора в промышленных условиях в составе линии для производства спредов как методом непрерывного сбивания жировой смеси (на базе ЗАО «Золотоношский маслодельный комбинат», г. Золотоноша, Черкасской области), так и методом преобразования высокожирных сливок (на базе ОАО «Решетиловский маслозавод», пгт. Решетиловка, Полтавской области). Результаты испытаний подтвердили работоспособность и целесообразность принятых конструкторских решений, а также высокую эффективность эмульсора роторного типа.

При проведении испытаний в лабораториях заводов были исследованы образцы эмульсий, отобранные в процессе дисперги-



Рис. 2. Внешний вид эмульсора

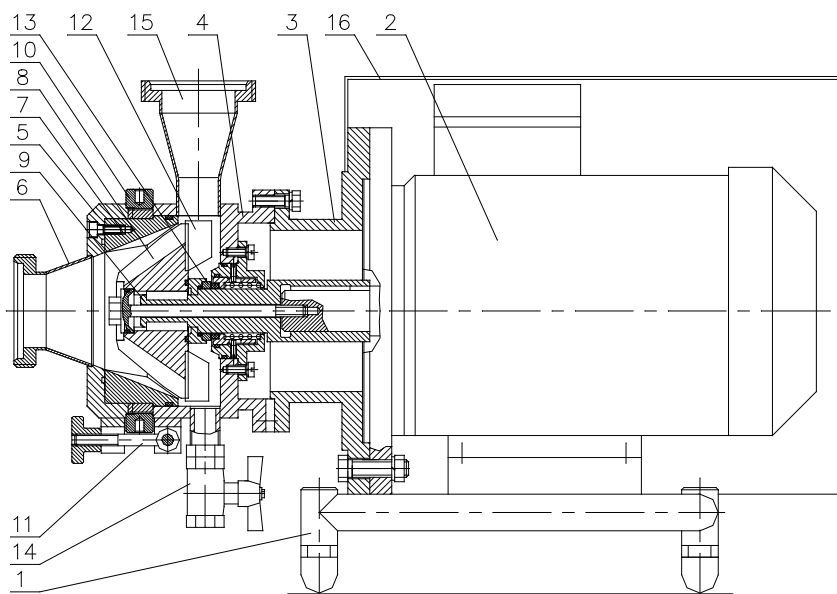


Рис. 3. Общий вид эмульсора

Техническая характеристика эмульсора Я5-ОММ

Таблица 1

№ п/п	Параметр	Значение
1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	18
2	Температура продукта, °С	до 85
3	Мощность привода, кВт	4,0
4	Габаритные размеры, мм: длина	600
5	ширина	300
6	высота	360
7	Масса, кг	62

**Таблица 2**  
**Сравнительная характеристика различных типов диспергирующих устройств**

Тип диспергирующего устройства	Производительность, л/ч	Диаметр частиц после обработки, мкм	Мощность, потребляемая двигателем, кВт	Удельная мощность привода, кВт/м <sup>3</sup>
Клапанный, А1-ОГ2М	5000	0,8...2,5	37	7,4
Ультразвуковой	30	1,6	1,4	13,3
Сопловый, ОГВ	1000	1...1,25	4,4	4,4
Вихревой, на базе клапанного А1-ОГ2М	5000	0,77...1,05	19	3,8
Роторно-вихревой, Я5-ОЭА <sup>1</sup>	300	1...2,5	0,15–0,175	0,5–0,6
Роторно-вихревой, Я5-ОММ <sup>2</sup>	3500-4000	1...2,5	2,1	0,5–0,6
Роторно-вихревой, Я5-ОММ <sup>3</sup>	6000-7000	–	2,5	0,4

рования (после каждого цикла обработки<sup>4</sup>), а также после всех последующих технологических операций. Полученные результаты показали, что во время диспергирования стабильность эмульсии возрастает и достигает оптимального уровня (для производства спредов методом непрерывного сбивания жировой смеси) после пяти циклов обработки. Для получения технологически стойкой жировой эмульсии при производстве спредов методом преобразования высокожирных сливок достаточно 1–2 циклов обработки. При этом показатели стабильности эмульсий (степень дестабилизации и отстаивание жира) изменяются синхронно, коррелируя между собой.

После смешивания эмульсии растительных жиров с натуральными сливками показатели стабильности смеси значительно возрастают. Исходя из этого, нет необходимости в достижении степени дисперсности жировых эмульсий соответствующей показателям натуральных сливок.

При проведении промышленных испытаний эмульсора Я5-ОММ были получены эмульсии жирностью 30–72,5%, из которых были выработаны смеси растительно-сливочные «Полтавське несолоне» 70,5% жира и «Традиційна хатинка» 72,5% жира, а также спред сладкосливочный «Золотоніський традиційний» 72,5% жира. Полученные продукты соответствовали требованиям ТУ У 15.4–00446836 и ТУУ 15.5–00447824.004:2006 по всем показателям качества.

Изменение интенсивности механического воздействия в эмульсоре Я5-ОММ осуществляется с помощью регулирования рабочего зазора между ротором и статором, а также путем ограничения расхода продукта на выходе.

Наиболее эффективное диспергирование смеси в эмульсоре Я5-ОММ достигается при максимальной производительности перекачивания (соответствующей минимальным потерям давления на выходной линии) и минимальном рабочем зазоре между ро-

тором и статором  $\Delta=0,22$  мм. Рабочий зазор между ротором и статором  $\Delta=0,33$  мм менее эффективен. Дальнейшее увеличение зазора соответственно уменьшает интенсивность обработки.

Создание противодействия осуществляется с помощью регулирования сечения выходного крана на 75, 50, и 25%. Проведенные нами исследования показали, что ограничение расхода продукта на выходе замедляет процесс получения технологически стойких эмульсий, независимо от концентрации жировой фазы в смеси.

Таким образом, стремление к повышению эффективности эмульгирования путем ограничения расхода продукта на выходе (создания противодействия) и увеличения рабочего зазора между ротором и статором применительно к эмульсору Я5-ОММ нецелесообразно.

Производительность эмульсора Я5-ОММ при минимальном рабочем зазоре между ротором и статором  $\Delta=0,22$  мм без ограничения расхода продукта на выходе составляет: на воде, молоке и смеси с массовой долей жира 3,5–40% ( $t^{\circ}=65^{\circ}\text{C}$ ) — 18 м<sup>3</sup>/ч, на смеси 62,5–72,5% жирности ( $t^{\circ}=50^{\circ}\text{C}$ ) — 10 м<sup>3</sup>/ч. С учетом периодического режима эмульгирования и оптимальной кратности обработки рабочая производительность по продукту составляет: на эмульсии с массовой долей жира 62,5–72,5% — 6–7 м<sup>3</sup>/ч, а с массовой долей жира 35±5% — 3,5–4 м<sup>3</sup>/ч.

В процессе работы эмульсор Я5-ОММ создает рабочее давление, которое изменяется в зависимости от зазора между ротором и статором, а также реологических свойств обрабатываемого продукта.

Что касается затрат мощности и величины тока в процессе работы эмульсора, то они практически не изменяются и составляют 2,3±0,2 кВт и 4,6±0,4 А соответственно. Незначительное уменьшение энергозатрат

наблюдается при перекачивании готовой эмульсии.

На основании проведенных исследований обоснованы оптимальные параметры и режимы эмульгирования жиров как с точки зрения получения технологически стойких эмульсий жирностью от 3,5 до 72,5% (с учетом специфики процессов их дальнейшей обработки), так и с целью минимизации затрат энергии на процесс.

На основании полученных данных разработаны и утверждены рекомендации по получению технологически стойких жировых эмульсий с помощью эмульсора роторного типа для производства спредов как методом сбивания жировой смеси, так и методом преобразования высокожирных сливок, а также внесены изменения и дополнения в технологические инструкции по производству спредов обоими методами в разделы, касающиеся процессов эмульгирования.

**Литература**

1. Грановский В.Я. Сравнительная оценка диспергирующих устройств // Молочная промышленность. – 1999. – № 11. – С.37–38.
2. Жидонис В., Матиешка С. Определение взаимосвязи геометрических параметров роторного диспергатора, потребляемой мощности и стабильности вырабатываемой эмульсии // Труды Литовского филиала ВНИИМС. – Вильнюс, 1990, т. XXIII. – С.44–48.
3. Луконіна К. Протитичійно-струменева гомогенізація молока // Харчова і переробна промисловість. – 1998. – № 8. – С. 34.
4. Смотровин А.А. Изучение стабилизирующих свойств некоторых пищевых эмульгаторов и установление закономерностей процесса эмульгирования с применением гидродинамического вибратора: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.04 / Московский инт. нар. хозяйства им. Г.В. Плеханова. – М., 1963. – 16 с.
5. Єресько Г.О., Гуляев-Зайцев С.С., Бовкун А.О. Фізико-хімічні процеси виробництва пастоподібних плавлених сирів на основі кислотно-молочного сиру // Вісник аграрної науки. – 2001. – №9. – С.62–64.
6. Гуляев-Зайцев С.С., Бовкун А.О. Розробка технології виробництва пастоподібного плавленого сиру на роторно-вихровому емульгаторі // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. – 2001. – Ч.2, №10. – С. 45-46.
7. Бовкун А.О. Диспергування жирової фази в процесі виробництва плавленого сиру // Матеріали конф. «67-а наук. конференція студентів, аспірантів і молодих вчених». – Ч.2 – К.: УДУХТ. – 2001. – С. 34–35.
8. Єресько Г.О., Гуляев-Зайцев С.С., Бовкун А.О. Технологія виробництва пастоподібного плавленого сиру // М'ясо та молоко. – ТІММ УААН. – К. – 2001. – №5. – С. 2–3.
9. Гомогенізація. Новий взгляд: Монографія-справочник. – С-Пб.: ГИОРД, 2006. – 392 с.

<sup>1</sup>Для сравнительной оценки были взяты показатели лабораторного эмульсора Я5-ОЭА, применительно к эмульсиям с концентрацией жировой фазы от 3,5 до 35%.

<sup>2</sup>Применительно к эмульсиям с концентрацией жировой фазы 35±5%.

<sup>3</sup>Применительно к эмульсиям с концентрацией жировой фазы 62,5–72,5%.

<sup>4</sup>Расчет продолжительности цикла производится по формуле  $Z=V/X^{\circ}60$ , где Z – продолжительность цикла, мин, V – объем эмульсии, м<sup>3</sup>, X – производительность эмульсора, м<sup>3</sup>/ч.