

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 664:658.562

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-04>

Разработка рекомендаций, позволяющих минимизировать погрешность измерения расхода жидких пищевых продуктов в пищевой промышленности

Егор Геннадьевич Тимчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Аннотация. Одним из наиболее значимых контролируемых показателей жидких пищевых продуктов, таких как молочная или соковая продукция, является их расход. Проблема измерения расхода жидких пищевых продуктов – их стремление к вспениванию при перемещении в трубопроводах. Образующаяся пена негативным образом сказывается на точности средств измерения расхода жидких пищевых продуктов, что ухудшает качество готовой продукции вследствие уменьшения точности выполнения технологических стандартов и уменьшает эффективность производства.

Представлена разработка рекомендаций по оснащению пищевых производств оборудованием, позволяющих минимизировать погрешность измерения расхода жидких пищевых продуктов. Для этого проведен анализ способов ингибирования процесса пенообразования в жидких пищевых продуктах, разработана экспериментальная установка, оценены погрешности измерения расхода жидких пищевых продуктов в экспериментальной установке и формализованы рекомендации.

Ключевые слова: пищевая промышленность, минимизация погрешности измерения расхода, рекомендации

Для цитирования: Тимчук Е.Г. Разработка рекомендаций, позволяющих минимизировать погрешность измерения расхода жидких пищевых продуктов в пищевой промышленности // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 65, № 3. С. 29–33.

FOOD SYSTEMS

Original article

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-04>

Development of recommendations to minimize the measurement inaccuracy of liquid food consumption in the food industry

Egor G. Timchuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Abstract. One of the most significant controlled indicators of liquid food products, such as dairy or juice products, is their consumption. The problem of measuring the flow of liquid food products is their tendency to foam when moving in pipelines. The resulting foam negatively affects the accuracy of liquid food flow measurement tools, which worsens the quality of finished products due to a decrease in the accuracy of technological standards and reduces production efficiency.

Therefore, this article is devoted to recommendations on equipping food production facilities to minimize the error in measuring fluid flow. For this purpose, the analysis of methods for inhibiting the foaming process in liquid foods was carried out, an experimental setup was developed, errors in measuring the flow of liquid in the experimental setup were estimated and recommendations were formalized.

Keywords: food industry, minimization of flow measurement error, recommendations

For citation: Timchuk E.G. Development of recommendations to minimize the measurement inaccuracy of liquid food consumption in the food industry. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2023;65(3):29–33. (in Russ.).

Введение

В соответствии со стратегией повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года существует необходимость повышения эффективности контроля соответствия пищевой продукции обязательным требованиям [1].

Контроль соответствия пищевой продукции обязательным требованиям осуществляется преимущественно при помощи средств измерений. Одним из наиболее значимых контролируемых показателей жидких пищевых продуктов, таких как молочная или соковая продукция, является их расход. Проблема измерения расхода жидких пищевых продуктов – их стремление к вспениванию при перемещении в трубопроводах. Образующаяся пена негативным образом сказывается на точности средств измерения расхода жидких пищевых продуктов, что ухудшает качество готовой продукции вследствие уменьшения точности выполнения технологических стандартов и уменьшает эффективность производства.

Вопросами ингибирования процесса пенообразования в пищевой и иных отраслях промышленности занимались такие зарубежные и отечественные ученые, как Альберт Бюттикер, Хольгер Келлер, Даррен Бейтс, Терещенко И.А., Поляков А.В., Бойко С.И., Аксенов А.А., Шуваткин Р.К. [2–4]. Но известные работы посвящены ингибированию процесса пенообразования в отраслях, не связанных с пищевой промышленностью [3, 4] или связанных с использованием энергозатратных генерирующих ультразвук устройств [2], и не решают заявленную проблему.

Цель работы: рекомендации по оснащению пищевых производств оборудованием, позволяющие минимизировать погрешность измерения расхода жидких пищевых продуктов.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- анализ способов ингибирования процесса пенообразования в жидких пищевых продуктах;
- разработка экспериментальной установки;
- оценка погрешности измерения расхода жидких пищевых продуктов в экспериментальной установке;
- формализация рекомендаций.

На первом этапе провели анализ способов ингибирования процесса пенообразования в жидких пищевых продуктах. Можно выделить следующие способы:

- способ ингибирования с помощью ультразвука;
- способ ингибирования с помощью пеногасителей (антифламингов);
- способ ингибирования с помощью устройств подготовки потока (струевыпрямителей).

Ультразвуковая обработка имеет целый ряд положительных эффектов:

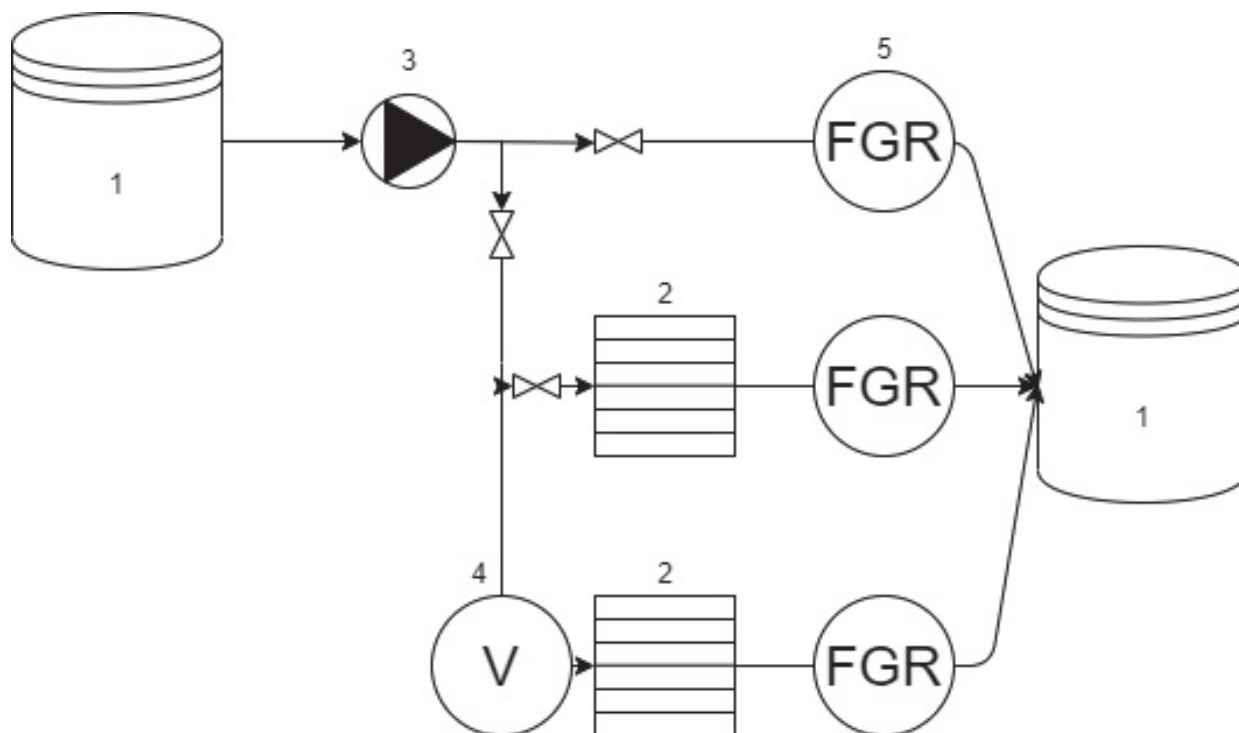
- расщепление воздушных шариков и препятствование процессу пенообразования;
- расщепление жировых шариков в молочной продукции и повышение его питательной ценности;
- негативное влияние на микрофлору, содержащуюся в пищевом продукте, препятствуя ее развитию или снижая ее количество. Этот эффект следует использовать в качестве одного из барьеров предотвращения микробальной порчи.

Пеногасители (антифламинги) широко применяются в пищевой и других отраслях промышленности и имеют нумерацию в перечне пищевых добавок от E900 до E999. Основным их недостатком является их малый срок годности, что уменьшает возможность их применения при производстве молочной и соковой продукции.

Устройства подготовки потока (струевыпрямителей) имеют широкий спектр использования в различных сферах промышленности. Главным их преимуществом является дешевизна, простота установки, долговечность, энергоэффективность и стремящаяся к нулю частота отказов.

Таким образом, можно прийти к выводу, что в процессе производства молочной и соковой продукции не следует использовать антифламинги вследствие их малого срока годности. Ультразвук и струевыпрямители предположительно положительно скажутся на процессе ингибирования пены.

На втором этапе разработали экспериментальную установку, представленную на рисунке.



Экспериментальная установка: 1 – емкость с жидким пищевым продуктом;
 2 – струевыпрямитель; 3 – насос; 4 – ультразвуковой излучатель; 5 – расходомер-счетчик
 Experimental setup: 1 – container with liquid food product; 2 – jet straightener; 3 – pump;
 4 – ultrasonic emitter; 5 – flow meter-counter

В экспериментальной установке движение жидкого продукта по трубопроводу осуществлялось при помощи импеллерного насоса (с гибкой крыльчаткой) из одной емкости в другую. Расход жидкого продукта осуществлялся при помощи расходомера-счетчика ЭЛЕМЕР-РЭМ. Установка позволяет осуществить перенос жидкости по 3 линиям трубопровода:

оснащенной только расходомером (линия 1), оснащенной струевыпрямителем и расходомером (линия 2), оснащенной ультразвуковым излучателем, струевыпрямителем и расходомером (линия 3).

На третьем этапе оценили погрешности измерения расхода жидкости в экспериментальной установке по трем линиям трубопровода, результаты представлены в таблице.

В эксперименте использовали дистиллированную воду, молоко коровье жирностью 2,5 % и яблочный сок.

**Погрешности измерения расхода жидкости в экспериментальной установке
по трем линиям трубопровода**
Inaccuracy in measuring fluid flow in an experimental installation along three pipeline lines

Наименование линии трубопровода	Количество измерений	Коэффициент Рейнольдса	Относительная погрешность, %
Линия 1 (молоко)	10	≈13100	±1,9
Линия 2 (молоко)	10		±0,8
Линия 3 (молоко)	10		±0,7
Линия 1 (сок)	10	≈14000	±1,5
Линия 2 (сок)	10		±0,5
Линия 3 (сок)	10		±0,5
Линия 1 (вода)	10	≈12500	±0,2
Линия 2 (вода)	10		±0,2
Линия 3 (вода)	10		±0,2

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что все три жидких пищевых продукта, протекая по линиям трубопровода, находятся в переходном режиме потока. Этот режим потока способствует протеканию процесса пенообразования в таких жидких продуктах, как молочная продукция и соковая продукция. Пенообразование в большей мере происходило с молочной продукцией (относительная погрешность составила 1,9 %) и в меньшей мере – с соковой продукцией (относительная погрешность составила 1,5 %). Применение струевыпрямителей положительным образом сказалось на уменьшении относительной погрешности. Погрешность измерения молочной продукции сократилась на 1,1 %, а погрешность измерения соковой продукции сократилась на 1 %. Ультразвуковой излучатель совместно со струевыпрямителем в еще большей мере способствовали сокращению относительной погрешности измерения расходов.

Заключение

Таким образом, молочная и соковая жидкая пищевая продукция подвержена процессу пенообразования при движении по трубопроводу, причем в случае с молочной продукцией этот процесс протекает активнее, чем в случае с соковой продукцией.

Применение струевыпрямителей и ультразвукового излучателя помогает уменьшить относительную погрешность измерений расходов этих продуктов, при этом наиболее заметное улучшение наблюдается для молочной продукции.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование струевыпрямителей и ультразвуковых технологий может существенно улучшить эффективность систем транспортировки и обработки жидких пищевых продуктов.

Список источников

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9JUDtB0pqrmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf> (дата обращения: 1.09.2023).
2. Альберт Бюттикер, Хольгер Келлер, Даррен Бейтс. Сонотрод и устройство для уменьшения и устранения пенообразования в жидких продуктах: пат. на изобретение RU 2613863, 21.03.2017. Заявка № 2014122485 от 13.11.2012.
3. Терещенко И.А., Поляков А.В., Бойко С.И. Повышение эффективности процессов подготовки нефти и газа путем уменьшения пенообразования // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2013. № 4. С. 33–34.
4. Аксенов А.А., Шуваткин Р.К., Ким Е.Д., Мансуров Ю.Н., Кадырова Д.С., Рева В.П. Моделирование процесса пенообразования в алюминиевых сплавах // Научные исследования. 2016. № 4(5). С. 5–11.

References

1. Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030 [Electronic resource]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9JUDtB0pqrmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf> (accessed: 1.09.2023).
2. Albert Butticker, Holger Keller, Darren Bates. Sonotrod and device for reducing and eliminating foaming in liquid products: pat. for invention RU 2613863, 03/21/2017. Application no. 2014122485 dated 13.11.2012.
3. Tereshchenko I.A., Polyakov A.V., Boyko S.I. Improving the efficiency of oil and gas treatment processes by reducing foaming. *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. 2013. No. 4. P. 33–34.
4. Aksenov A.A., Shuvatkin R.K., Kim E.D., Mansurov Yu.N., Kadyrova D.S., Reva V.P. Modeling of the foaming process in aluminum alloys. *Scientific research*. 2016. No. 4(5). P. 5–11.

Информация об авторе

Е.Г. Тимчук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Information about the author

E.G. Timchuk – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, SPIN-cod: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Статья поступила в редакцию 15.09.2023; одобрена после рецензирования 20.09.2023; принята к публикации 26.09.2023.

The article was submitted 15.09.2023; approved after reviewing 20.09.2023; accepted for publication 26.09.2023.