

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ТУРБИННОГО СЧЕТЧИКА ГАЗА ПРИ СЛОЖНЫХ ЗАКОНАХ ПУЛЬСАЦИИ

Турбинные счетчики газа (ТСГ) широко используются для учета природного газа, а также как эталоны в образцовых установках для воспроизведения единицы объема потока газа. Их метрологические характеристики напрямую влияют на эффективность энергоиспользования. Для ТСГ характерна т.н. динамическая погрешность  $\delta$ , возникающая из-за инерции ротора ТСГ. Эта погрешность хорошо изучена для простейших законов пульсации потока. Однако на практике ТСГ обычно работают в условиях пульсаций по сложным законам. Встречаются пульсации расхода  $Q$ , при которых периодически меняется направление течения.

Нами изучены отклик и динамическая погрешность ТСГ в вышеуказанных условиях в зависимости от частоты  $f$  и амплитуды пульсаций  $\Delta Q$ . Для этого применен ранее разработанный метод численного моделирования, в соответствии с которым на каждом шаге времени  $t$  для вычислений применяется уравнение отклика ТСГ на резкое (ступенчатое) изменение расхода. При этом в качестве основного параметра процесса используется экспериментально определяемая постоянная времени  $T$  счетчика. Большое преимущество метода – его пригодность для любых, в том числе и знакопеременных, законов пульсации потока. Для обобщения результатов введены безразмерные переменные: погрешность  $\delta/\delta_{\Delta p}$ , частота пульсаций  $fT$ , время  $ft$  и параметр  $C \equiv 1/\Delta Q$ , характеризующий смещение безразмерной амплитуды пульсаций  $\Delta Q$  относительно оси времени. Значения  $C \geq 1$  соответствуют пульсациям без перемены знака,  $0 \leq C < 1$  – с переменной знака,  $C = 0$  – знакопеременным пульсациям при нулевом результирующем расходе.

Безразмерный отклик ТСГ на пульсации по простому косинусоидальному закону при  $C = 0$  показан на рис. 1. С увеличением частоты  $ft$  уменьшается амплитуда отклика и растет отставание по фазе. В пределе, при достаточно больших значениях  $ft$ , ТСГ перестает откликаться на пульсации. При  $C \neq 0$  и при других законах пульсации сохраняется похожий характер отклика.

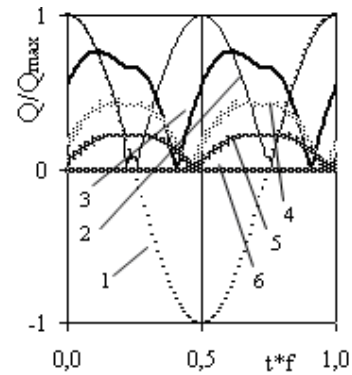


Рис. 1. Отклик ТСГ на пульсацию при  $C = 0$ . 1 – расход газа; 2, 3, 4, 5, 6 – отклик при  $fT = 0,00083; 0,17; 0,41; 0,83; 83$  соответственно.

На погрешность ТСГ (рис. 2) влияют те же факторы, что и на отклик. Помимо инерции ротора существенен тот факт, что современные ТСГ не реагируют на перемену знака потока и независимо от него посылают все импульсы от вращения в один сумматор.

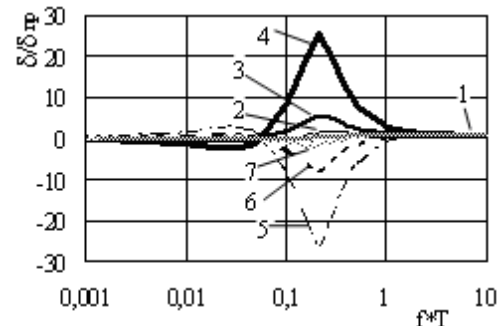


Рис. 2. Влияние частоты и параметра  $C$  на динамическую погрешность ТСГ. 1 –  $C < 0,25; C > 0,5$ ; 2, 3, 4, 5, 6, 7 –  $C = 0,3; 0,34; 0,35; 0,355; 0,36; 0,38$  соответственно.

Степень влияния этих двух факторов различна при различных значениях  $C$  и  $fT$ . Поэтому влияние на погрешность безразмерной частоты  $fT$  немонотонно, что особенно сильно проявляется в области  $C = (0,25 - 0,5)$ . Незначительное изменение значения  $C$  от 0,35 до 0,36 вызывает резкое изменение характера зависимости  $\delta/\delta_{\Delta p}$  как от  $C$ , так и от  $fT$ . При больших значениях частоты  $\delta/\delta_{\Delta p} = 1$ , что соответствует определению  $\delta_{np}$ . На

рис. 3 представлена зависимость предельного значения погрешности  $\delta_{пр}$  от  $C$ .

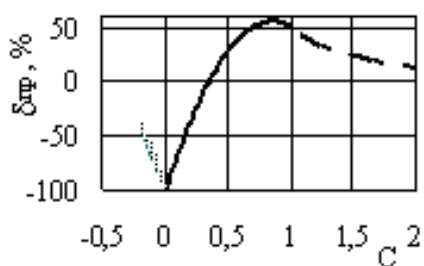


Рис. 3. Зависимость предельной динамической погрешности от параметра  $C$ .

Снежкин Ю.Ф., Петрова Ж.А., Гетманюк Е.Н., Ловейко И.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИЩЕВОГО ПОРОШКА ИЗ РЕВЕНЯ И СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

Для обеспечения достижения европейского уровня качества пищевых продуктов разрабатывалась ресурсосберегающая технология производства новых пищевых продуктов.

**Цель исследования** – сушка композиционных растительных порошков конвективным способом для достижения материалом конечной влажности  $6 \pm 10$  %. Свекльно-ревеневый порошок сушили ступенчатыми режимами. Получены кривые сушки и скорости сушки при этих режимах, установлена длительность процесса обезвоживания.

Высокое содержание органических кислот ревеня обеспечивает стабилизацию и сохранение бетаидина в процессе сушки и исключает энергоемкую гигротермическую обработку свеклы перед сушкой. Ревень содержит большое количество пищевых волокон, что обеспечивает интенсификацию процесса сушки.

Полученный нами новый композиционный порошок из свеклы и ревеня позволяет рационально консервировать растительную продукцию в виде высокого качества порошка при снижении его себестоимости, сокращая энергозатраты  $\sim 20$  %.

В композиции оптимально сбалансированный состав компонентов в соответствии с естественным исходным сырьем, натуральность и экологическая чистота композиции обеспечены

Особенно сильно, как по абсолютной величине, так и по знаку, эта погрешность меняется в области знакопеременных пульсаций, при  $0 \leq C < 1$ . Аналогичные результаты получены для других законов пульсаций, в частности, для ряда сложных косинусоидальных законов. Полученные результаты находятся в полном согласии с известными результатами там, где сравнение возможно.

техпроцессом без использования химических веществ и ферментов.

Минеральные вещества, пищевые волокна, пектин, витамины, бетаидин, дисахариды являются функциональными ингредиентами пищевых продуктов. Бетанин (содержится в порошке в количестве более 0,400 мас. %) связывает 16 атомов водорода и тем самым увеличивает дыхательную способность клетки на 1000...1250 %. Пектин, который содержится в ревене и свекле до 12 %, благодаря высокой адсорбции и образованию стойких коллоидных растворов, которые при взаимодействии с водой набухают и поглощают из кишечника вредные вещества, в том числе яды и канцерогены, и выводят все это из организма. Минеральные вещества поддерживают кислотно-щелочной баланс организма, пищевые волокна – сложные углеводы исполняют роль природных энтеросорбентов.

Этот двухкомпонентный порошок из растительного сырья (ревеня и столовой свеклы), благодаря своим новым свойствам, можно отнести к функциональным продуктам. Полученный порошок из ревеня и столовой свеклы объединяет свойства двух овощей дополняя их. При этом создан новый социально полезный продукт, композиция которого содержит бетанин, пектин и клетчатку и дисахариды в количествах, сообщаящих ему новые качества – функциональные.