



КРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗОНАПОЛНЕННОГО ТЕСТА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ

Теличкун Юлия, Теличкун Владимир, Стефанов Стефан, Кравченко Александр

Аннотация. Получены зависимости между критериями Ейлера и Рейнольдса для установившегося потока газонаполненного дрожжевого теста в явном виде в зависимости от отношения длины к диаметру канала, рассчитаны значения критерия Eu в канале и на выходе из канала, получили показатель, что позволяет учитывать влияние газовой фазы. полученные критериальные зависимости позволяют обобщить проведенные экспериментальные и теоретические исследования течения газонаполненных неньютоновских материалов, упростить задачу математического моделирования процессов, происходящих в технологическом оборудовании.

CRITERION DEPENDENCES OF FLOW OF GASFILLED DOUGH IN CYLINDRICAL CHANNEL

Telychkun Yuliya, Telychkun Volodimir, Stefanov Stefan, Kravchenko Oleksandr

Abstract. Dependences are got between the criteria of Eyler and Reynolds for the set stream of gasfilled zymic dough in an obvious kind depending on attitude of length toward the diameter of channel, the values of criterion of Eu are expected in a channel and on a debouchment, got an index, that allows to take into account influence of gas phase. We have got criterion dependences allow to generalize the conducted experimental and theoretical researches of flow of gasfilled non-newtonian materials, simplify a task of mathematic model of processes that are going in technological equipment.

Введение.

Использование методов теории подобия, которые позволяют установить общие условия подобия явлений, для обобщения результатов проведенных исследований и использования, полученных на моделях результатов в разных условиях их практического применения. В соответствии с теорией подобия у подобных потоков должно существовать подобие геометрических размеров, полей физических величин и свойств системы на её границах [1].

Равенство полученных критериев для рассматриваемых потоков является необходимым и достаточным условием их гидродинамического подобия.

Функциональная зависимость между отдельными физическими величинами, входящими в уравнение Навье-Стокса, может быть выражена в виде зависимости между критериями подобия, что значительно упростит задачу моделирования

движения двухфазной неньютоновской среды, к которым принадлежит дрожжевое тесто, наполненное углекислым газом.

Теоретические и экспериментальные исследования.

На основании проведенных экспериментальных исследований течения газонаполненного теста, определения его реологических характеристик [2] и полученной нами эпюры скорости потока в цилиндрическом канале [3] нами определены критерии гидродинамического подобия для потока газонаполненного дрожжевого теста. Влияние каждого из критериев различно. Для установившегося потока ограничимся использованием двух критериев: Эйлера Eu - отношение сил давления к силам инерции, и Рейнольдса Re - отношения сил инерции к силам вязкости.

Исследованиями установлено, что критерий Eu зависит от содержания углекислого газа в тесте (рис.1).

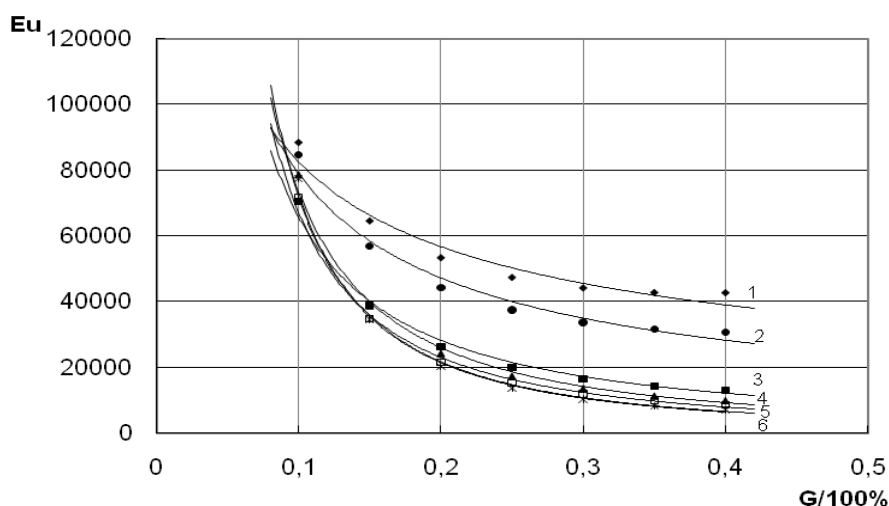


Рис. 1. Зависимость критерия Eu в канале от содержания газовой фазы G для соотношения длины канала к его диаметру l/d :
1-1.67; 2 - 1.25; 3 – 0.83; 4 - 0.67; 5 - 0.5; 6 - 0.33

С увеличением доли газовой фазы значение критерия Eu уменьшается вследствие увеличения скорости экструдирования при постоянном значении давления. Наблюдается и снижение указанного критерия при уменьшении соотношения между длиной канала l и его диаметром d в рассмотренном диапазоне значений.

В результате математической обработки полученных зависимостей уравнение примет вид:

$$Eu = 594e^{2,3\frac{l}{d}} \left(\frac{G}{100} \right)^{0,9\frac{l}{d}-2}$$

Нами установлена функциональная зависимость между критериями Eu и Re основе проведенных экспериментальных исследований в в явном виде для течения

газонаполненного дрожжевого теста в цилиндрическом канале в зависимости от отношения длины l к диаметру канала d :

$$Eu = 2321 Re^n \left(\frac{l}{d} \right)^{2,4},$$

$$\text{где } n = \frac{l}{3d} - 0,75.$$

При соотношении длины к диаметру меньше единицы (кривые 3, 4, 5, 6) (рис. 2), можно утверждать, что указанный параметр не имеет существенного влияния на зависимость между критериями Eu и Re .

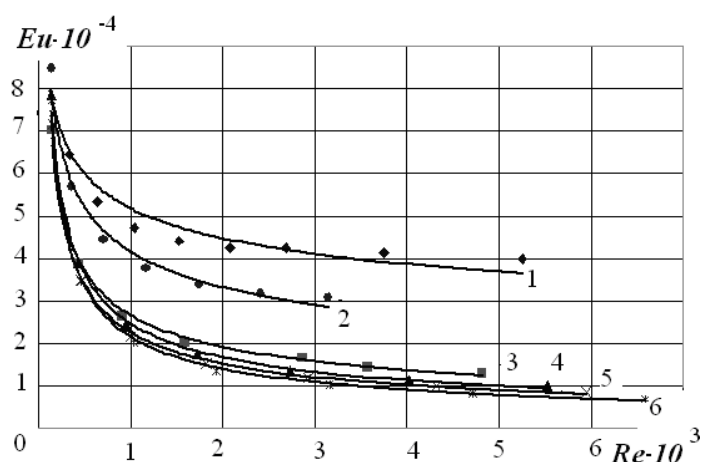


Рис.2. Зависимость критерия Eu от Re в канале при соотношении длины к диаметру l/d :

1 – 1,67; 2 – 1,25; 3 – 0,83; 4 – 0,67; 5 – 0,5; 6 – 0,33

Для потока высоковязкой жидкости, к которым относится и тесто, появление огрублений на поверхности экструдата определяются не турбулентным режимом течения, а структурно-механическими свойствами материала

Нами рассчитано значение критерия Eu в канале и на выходе и выходе из него. В результате полученных соотношений между критерием Eu в канале и на выходе и выходе из него, получили показатель, что позволяет учитывать влияние газовой фазы:

$$K_G = \frac{Eu_{вых}}{Eu_{кан}} = 333 \cdot \left(\frac{l}{d} \right)^{-1,9} \cdot \left(\frac{G}{100} \right)^{1,9-0,9 \frac{l}{d}}$$

Для потока газонаполненной жидкости при выделении газовой фазы в свободном состоянии наблюдается увеличение значений критерия Eu , а отношение указанных критериев на входе в канал и выходе из канала, больше 1. При этом значение отношения $Eu^{вых}$ к $Eu^{кан}$ тем больше, чем короче канал, это объясняет полученные нами экспериментальные данные, что при течении газонаполненного теста длина канала должна быть минимальной для обеспечения наибольшего коэффициента расширения экструдата.

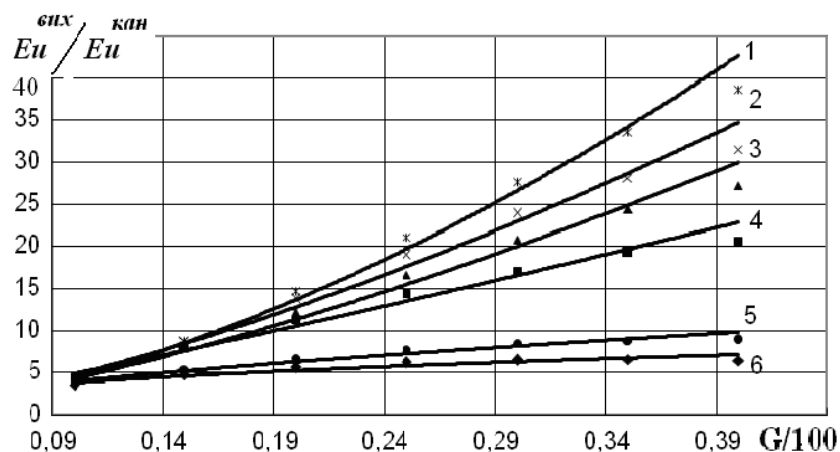


Рис. 3. Зависимость отношения значений критерия Eu на выходе с канала к Eu в канале в зависимости от содержания газовой фазы при соотношении длины канала к диаметру: 1-0,33; 2-0,5; 3-0,67; 4-0,83; 5-1,25; 6-1,67

На основании анализа полученных значений отношения критериев установлено, что с целью наиболее эффективного использования газовой составляющей при течении теста в канале соотношение длины к диаметру должно быть меньше 1. При этом величина отношения $Eu^{вых}$ к $Eu^{кан}$ изменяется в пределах от 20 до 45 для максимального содержания газовой фазы (рис. 3).

Выводы. Полученные критериальные зависимости позволяют обобщить проведенные экспериментальные и теоретические исследования течения газонаполненных неньютоновских материалов, упростить задачу математического моделирования процессов, происходящих в технологическом оборудовании.

Литература

1. Товажнянский Л.Л., Готлинская А.П., Лещенко В.А.. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. В двух частях. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2004.- 632 с.
2. Теличкун Ю.С. Усовершенствование процесса экструдирования теста с целью создания высокоэффективного оборудования. Автореферат дисс. канд. техн. наук, К.: НУХТ. - 2011.

3. Ю. Теличкун, В. Теличкун, В. Таран, Н. Десик. Исследование реологических характеристик дрожжевого теста // Научни трудове на УХТ, том 57, свитък 2. – Пловдив: Академично издателство на УХТ. – 2010. - С. 645-650.
4. Yu. Telichkun, V. Telichkun, V. Taran, O. Gubenia, M. Desik. The research of the gas-filled dough rheological characteristics / EcoAgroTourism. - 2010. - N1. – P. 67-71.

Авторская справка:

1. **Теличкун** Юлия Станиславовна, ассистент кафедры машин и аппаратов пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина (tvill@meta.ua).
2. **Теличкун** Владимир Иванович, доцент кафедры машин и аппаратов пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина (tvill@meta.ua).
3. **Кравченко** Александр Иванович магистрант кафедры машин и аппаратов пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина.
4. **Стефанов** Стефан, доктор, доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Университет пищевых технологий, г. Пловдив, Болгария.