

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ КАРАНДАШЕЙ

М. А. Веретенникова<sup>1</sup>, А. А. Смирных<sup>2</sup>, С. И. Провоторова<sup>1</sup>, Э. Ф. Степанова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

<sup>3</sup>Пятигорский медико-фармацевтический институт - филиал

ГБОУ ВПО «ВолгГМУ» Минздрава России

Поступила в редакцию 31.08.2015 г.

**Аннотация.** В ходе разработки карандашей композитного состава были изучены реологические свойства получаемой массы (сплав формообразующих и вспомогательных веществ с введением композитного состава) перед розливом в формы, с целью определения её стабильности и способности транспортироваться по трубопроводу без расслоения. Реологические исследования проводили на ротационном вискозиметре «Rheotest-II», в результате испытаний были определены следующие параметры модельных образцов: величина напряжения сдвига  $\tau$  (Па) и динамическая вязкость  $\eta$  (Па\*с). Установлено, что карандаши проявляют себя как вязкоупругие, пластичные системы. Тип течения можно рассматривать одновременно как ньютоновскую жидкость и упругое тело Гука; введение в состав сока каланхоэ так же рационально с технологической точки зрения, ввиду того, что сплав ПЭГ приобретает свойства упругости и сохраняет форму после процесса формования и извлечения из форм.

**Ключевые слова:** карандаши, структурно-механические свойства, текучесть, деформация, реология.

**Abstract.** During the development of the composite were pencils rheological received mass before filling in the form, in order to determine its stability and ability to be transmitted through the pipeline without stratification. Rheological studies carried out at the viscometer «Rheotest-II», as a result of tests determined the following parameters of model samples: shear stress  $\tau$  (PA) and the dynamic viscosity  $\eta$  (PA \* s). Found that the pencils they are known as visco-elastic, plastic system. Type of currents can be seen at the same time as Newton fluid and elastic body Hooke; Introduction to composition juice kalanchoe just rational technologically, in view of the fact that the alloy PEG acquires the properties of elasticity and maintains shape after molding process and benefit from forms.

**Keywords:** pencils, structural-mechanical properties, fluidity, deformation, rheology.

Как известно, комплекс реологических параметров (напряжение сдвига, вязкость в широком диапазоне градиентов скорости сдвига, времени и температуры) является объединённой совокупной характеристикой продукта и оказывает непосредственное влияние на технологические особенности процесса их получения и производства, а так же потребительские свойства [1 – 4].

Цель исследования – изучение зависимости основных реологических свойств разрабатыва-

емых лекарственных карандашей композитного состава.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Комплекс реологических параметров разрабатываемых лекарственных карандашей композитного состава, приближенных к условиям технологического процесса, проводили на вискозиметре «Rheotest-II». Измерение проводили в условиях, приближенных к промышленному производству помад и суппозиторий.

Анализируемые карандаши в количестве 20,0 г помещали в измерительное устройство с

© Веретенникова М. А., Смирных А. А., Провоторова С. И., Степанова Э. Ф., 2015

коаксильным S 2-цилиндром, термостатировали при постоянной температуре +45 °С (± 1.0 °С) при нормальном давлении 30 минут, затем проводили их комплексные реологические исследования при последовательно увеличивающихся, так и после разрушения структуры – уменьшающихся скоростях сдвига. Измерения проводили после 3.0 – 5. 0 минут действия сдвиговой деформации, при этом регистрировали показания индикатора прибора.

С точки зрения классической гидродинамики, при изменении геометрических параметров канала, по которому движется продукт, величины относительных внутренних скоростей в нём меняются. Так же время воздействия на продукт сил зависит от величины участка (фильеры), по которому перемещается продукт (рис. 1).

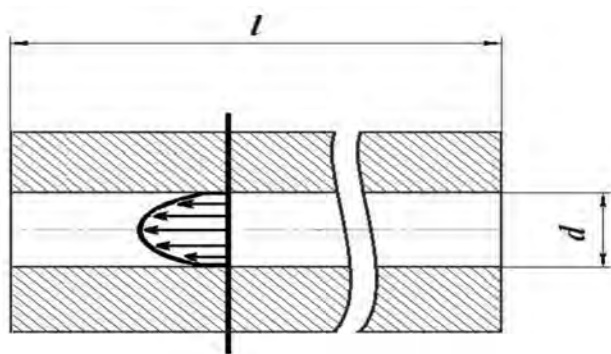


Рис. 1. Схематическое изображение фильеры при дозировании.

Расчёт условий технологического процесса в промышленном производстве производили по формулам [5]:

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (1)$$

где  $g$  – скорость движения материала по участку, м/с;  $Q$  – расход материала, м<sup>3</sup>/с;  $S$  – площадь, занимаемая продуктом, м<sup>2</sup>;

$$\tau_r = \frac{l}{g}, \quad (2)$$

где  $\tau_r$  – время прохождения продукта в фильере, с;  $l$  – длина фильеры, м;  $g$  – скорость движения материала по участку, м/с.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

С целью анализа разрабатываемых лекарственных карандашей композитного состава, были построены кривые зависимости полученных данных (Рис. 2-4).

Величина предельного (максимального) напряжения сдвига и время её достижения в мате-

риале карандашей имеет место при прохождении продуктом участка переменного сечения; величины градиента скорости сдвига изменяются, а, следовательно, и эффективная вязкость вещества.

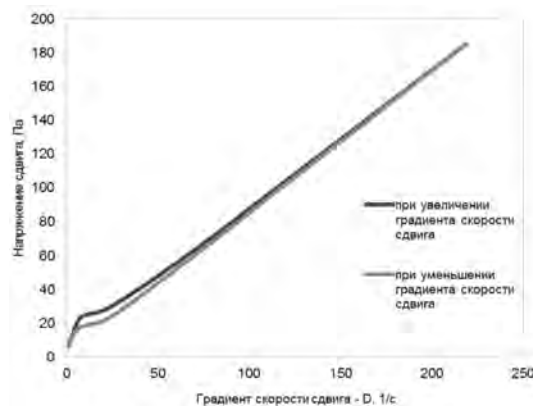


Рис. 2. Зависимость напряжения сдвига от градиента скорости сдвига карандаша (при максимальном значении исследуемой величины).

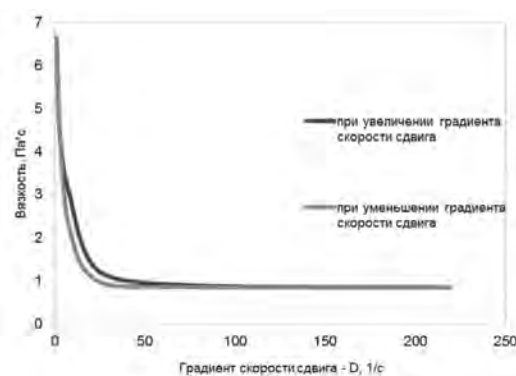


Рис. 3. Зависимость вязкости от градиента скорости сдвига карандаша (при максимальном значении исследуемой величины).

Для примера, ориентировочно, возьмём длину рабочей дозирующей форсунки ( $l$ ) равную 120 мм, с диаметром отверстия ( $d$ ) 8 мм, время заполнения равно 3 мл/сек (с запасом возможной энергетической потери при формовке массы в формы). При расчётах можно установить (по формулам 1, 2), что расход материала будет составлять  $3 \times 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с, площадь сечения –  $5.02 \times 10^{-5}$  м<sup>2</sup>, при этом движение среды для данных условий по участку будет происходить со средней скоростью, равной 0,06 м/с, а время прохождения продукта по фильере составит 2 секунды, а градиент скорости сдвига ( $D_r$ ) – 15 с<sup>-1</sup>.

Полученные данные (время и величина градиента сдвига) позволяют по соответствующему графику (Рис. 2 и 3) определить значение эффективной вязкости продукта, которое может быть ис-

пользовано для уточнённых расчётов оборудования и условий проведения технологического процесса.

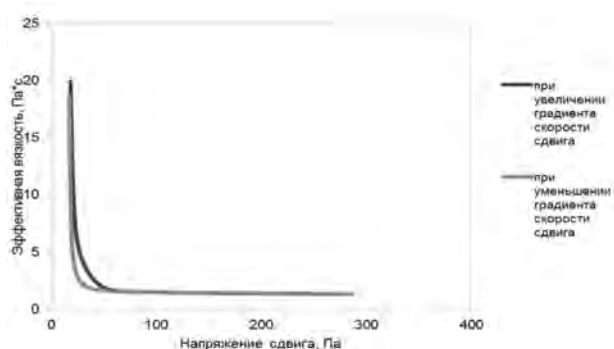


Рис. 4. Зависимость эффективной вязкости от напряжения сдвига карандаша (при максимальном значении исследуемой величины).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённых исследований установлено, что разрабатываемые лекарственные карандаши композитного состава обладают комплексом реологических свойств, необходимых для применения и использования в технологическом процессе промышленного производства. Система проявляет свойства, как твёрдого тела, так и жидкости, т.е. её можно рассматривать одновременно как вещество со свойствами ньютоновской

жидкости, так и характеристиками идентичными упругому телу Гука. Показано прикладное значение полученных реологических зависимостей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крюкова Н.В. Изучение влияния механической обработки на параметры приготовления и фасования массы бальзама для губ / Н.В. Крюкова, Г.Б. Пищиков // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 5 (часть 3). — С. 485-488.
2. Пантюхин А.В. Реологические модели в упруго-вязких лекарственных формах/ А.В. Пантюхин, И.И. Краснюк // *Современные проблемы науки и образования*. — 2013. — № 1; URL: [www.science-education.ru/107-8325](http://www.science-education.ru/107-8325) (дата обращения: 19.08.2014).
3. Патент на полезную модель – 111296 РФ, МПК G01N 11/00. Устройство для измерения вязкости материала / А.А. Смирных, С.И. Провоторова, Л.А. Бобракова; ГОУ ВПО ВГТА. — N 2011130268/28; Заявл. 01.11.2001; Опубл. 10.12.2011, Бюл. N 34-3.
4. Разработка желатиновых ректальных капсул с метформином / С.И. Провоторова [и др.] // *Фармация*. — 2012. — №4. — С. 30-31.
5. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии / Пер. с англ. И.А. Лавыгина; Под ред. В.Г. Куличихина — М.:КолосС. — 2003. — 312 с.

*Воронежский государственный университет  
Веретенникова М. А., ассистент кафедры  
фармацевтической химии и фармацевтической  
технологии*

*E-mail: ma\_veretennikova@mail.ru  
Тел.: 8-906-680-54-18*

*Провоторова С. И., к. фармацев. н., доцент ка-  
федры фармацевтической химии и фармацевти-  
ческой технологии*

*E-mail: provotorova-svetlana@mail.ru*

*Воронежский государственный университет  
инженерных технологий*

*Смирных А. А., к.т.н., доцент кафедры техно-  
логии жиров, процессов и аппаратов химических  
и пищевых производств*

*E-mail: aas\_07@mail.ru*

*Пятигорский Медико-фармацевтический Ин-  
ститут - филиал ВолгГМУ Минздрава России*

*Степанова Э. Ф., профессор кафедры техно-  
логии лекарств, д.фармац.н.  
e.f.stepanova@mail.ru*

*Voronezh State University  
Veretennikova M. A., Assistant Professor, Dept. of  
pharmaceutical chemistry and pharmaceutical tech-  
nology*

*E-mail: ma\_veretennikova@mail.ru  
Ph.: 8-906-680-54-18*

*Provotorova S. I., Ph.D., Associate Professor at  
the Department of pharmaceutical chemistry and  
pharmaceutical technology, Faculty of Pharmacy*

*E-mail: provotorova-svetlana@mail.ru*

*Voronezh State University of Engineering Tech-  
nologies,*

*Smirnykh A. A., Ph.D., Associate Professor at the  
Department of technology of fats, processes and de-  
vices for chemical and food industry*

*E-mail: aas\_07@mail.ru*

*Pyatigorsk Medical-Pharmaceutical Institute –  
Branch of The Volgograd State Medical University  
Stepanova E. F., Professor at the Department of  
technology of medicines, Doctor of Pharmacy.*

*E-mail: e.f.stepanova@mail.ru*