

# Моделирование теплообменных процессов в теплообменниках с интенсификаторами

*Вачагина Екатерина Константиновна – ведущий научный сотрудник  
Института энергетики и перспективных технологий ФИЦ КазНЦ РАН*

## Методы интенсификации (по А.Е.Берглесу)

**Пассивные методы:** обработанные поверхности; шероховатые поверхности; развитые поверхности; перемешивающие устройства; устройства, закручивающие поток; змеевики; устройства поверхностного натяжения; добавки для жидкостей и газов.

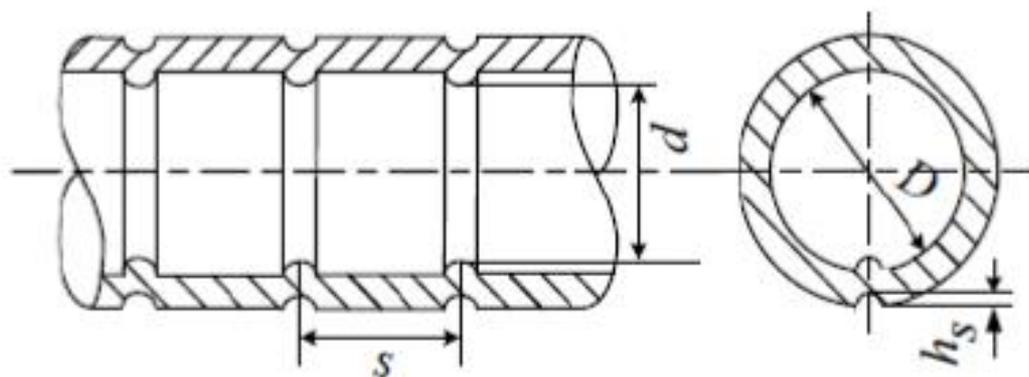
**Активные методы:** механическое перемешивание; вибрация поверхности; пульсации потока; электростатические поля; инъекция; отсос; струйные аппараты.

**Сложные методы:** Два или более пассивных и/или активных методов одновременно.

**Изучению и моделированию процессов теплообмена в трубах и каналах с интенсификаторами посвящены работы многих известных авторов, среди которых можно привести следующие фамилии:**

Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А., Коваленко Л.М., Глушков А.Ф., Мигай В.К., Антуфьев В.М., Щукин В.К., Халатов А.А. Назмеев Ю.Г., Кирпиков В.А., Bergles A.E., Nirmalan V., Junkhan G. H., Webb, R. L., Гухман А.А., Светлов Ю.В., Давлетшин Ф.М., Овчинников А.А., Николаев Н.А. Jensen M. K., Somerscales E. F. C., Manglik, R. M., Митрофанова О.В., Гортышов Ю.Ф., Попов И.А., Щелчков А.В., Яркаев М.З., А.Х.А Аль-Джанби, Скрынник А.Н., Леонтьев А.И., Олимпиев В.В., Shome V., Махянов Х.М., Гуреев В.М.; Каськов С.И. Germano M., Dritschel D. G, *Ranganathan C.* You, L., Комов А.Т., Токарев Ю.Н., Иванова А.И.,

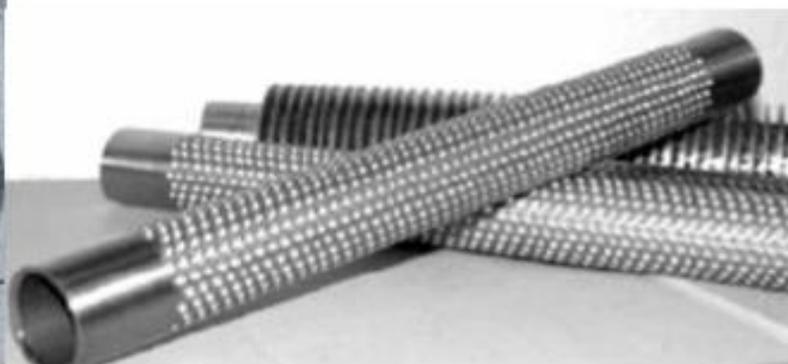
## Дискретно-шероховатые каналы



Труба с поперечной накаткой



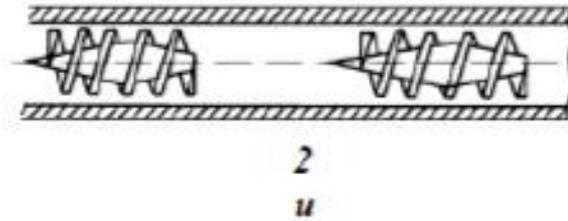
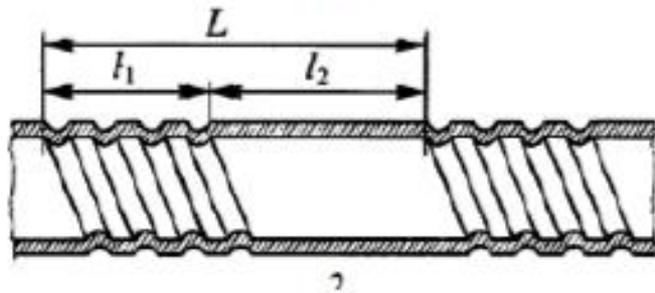
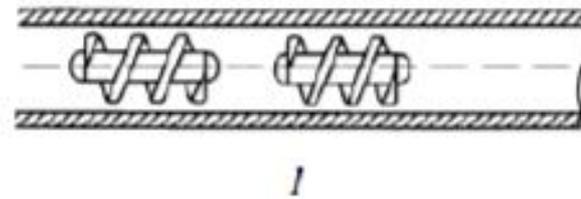
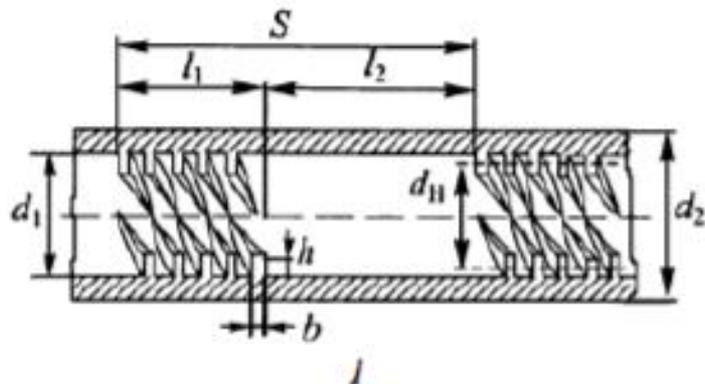
а



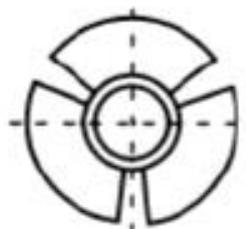
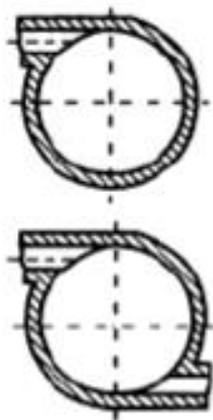
б

Труба со сферическими выступами (а) и выемками (б)

## Периодически расположенные завихрители



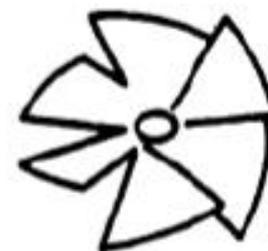
## Локальные завихрители



1

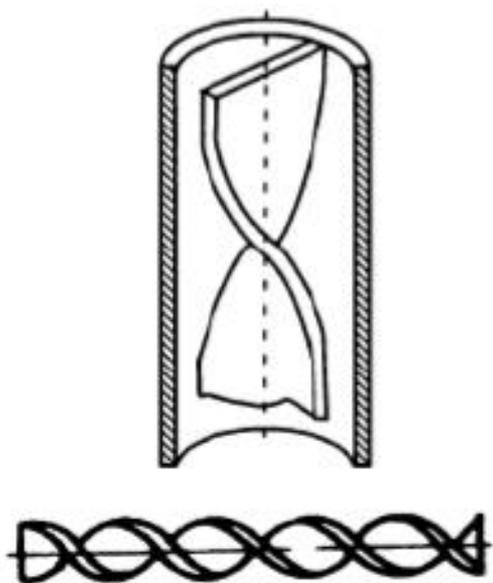


2

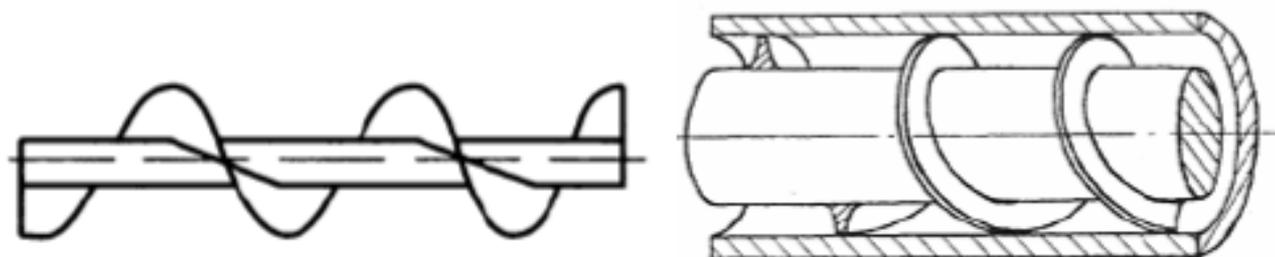


3

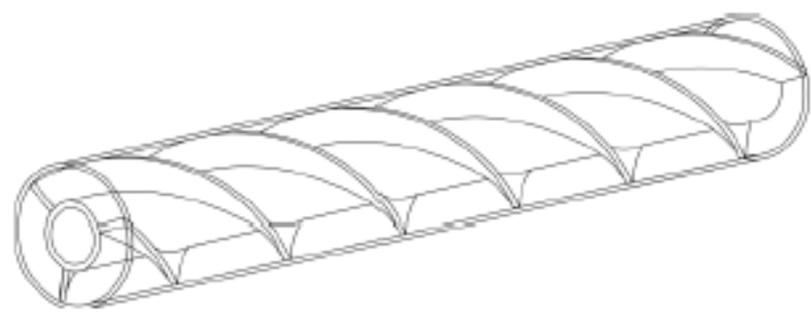
## Непрерывные по длине винтовые закручивающие устройства



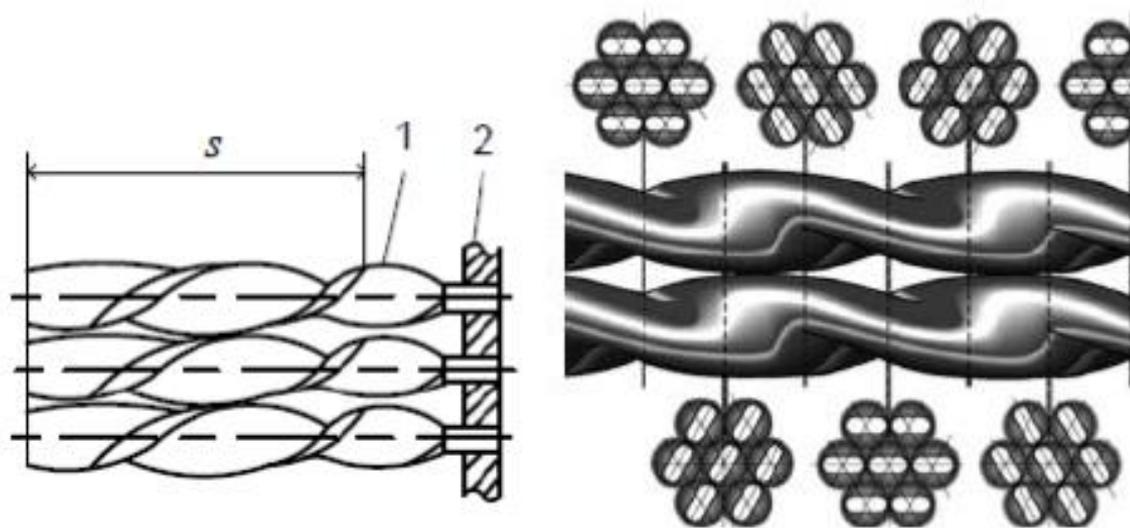
Винтовые ленточные вставки



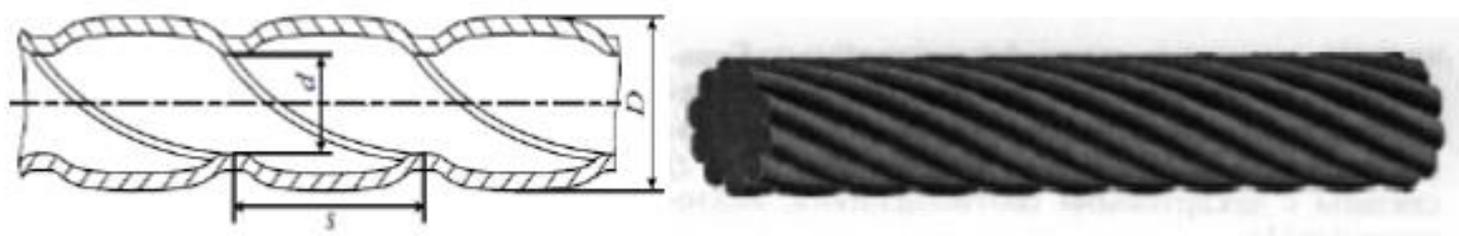
Однозаходная шнековая вставка



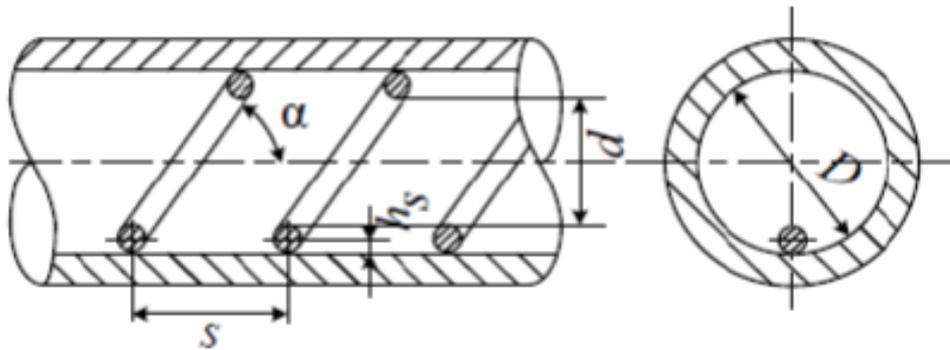
Трехзаходная шнековая вставка в трубе



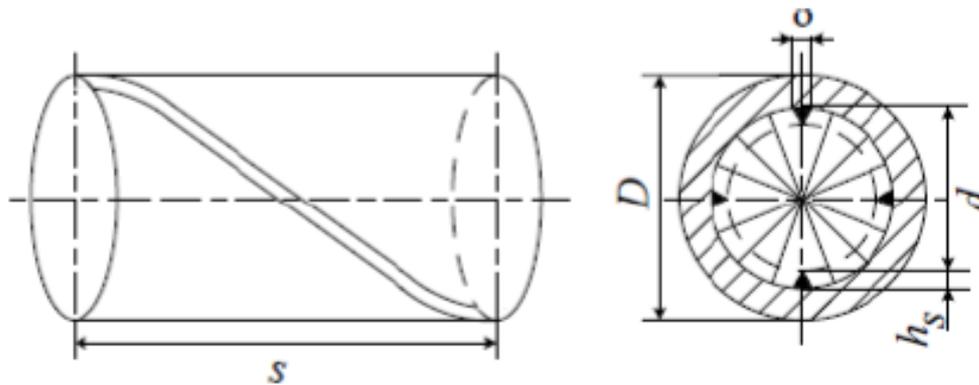
Витые трубы



Спирально-профилированная труба



Труба со спирально-винтовыми проволочными вставками



Канал с одно- или многозаходным винтовым оребрением

**Винтовые системы координат, используемые для моделирования теплообменных процессов в теплообменниках**

**Цилиндрическая винтовая система координат**

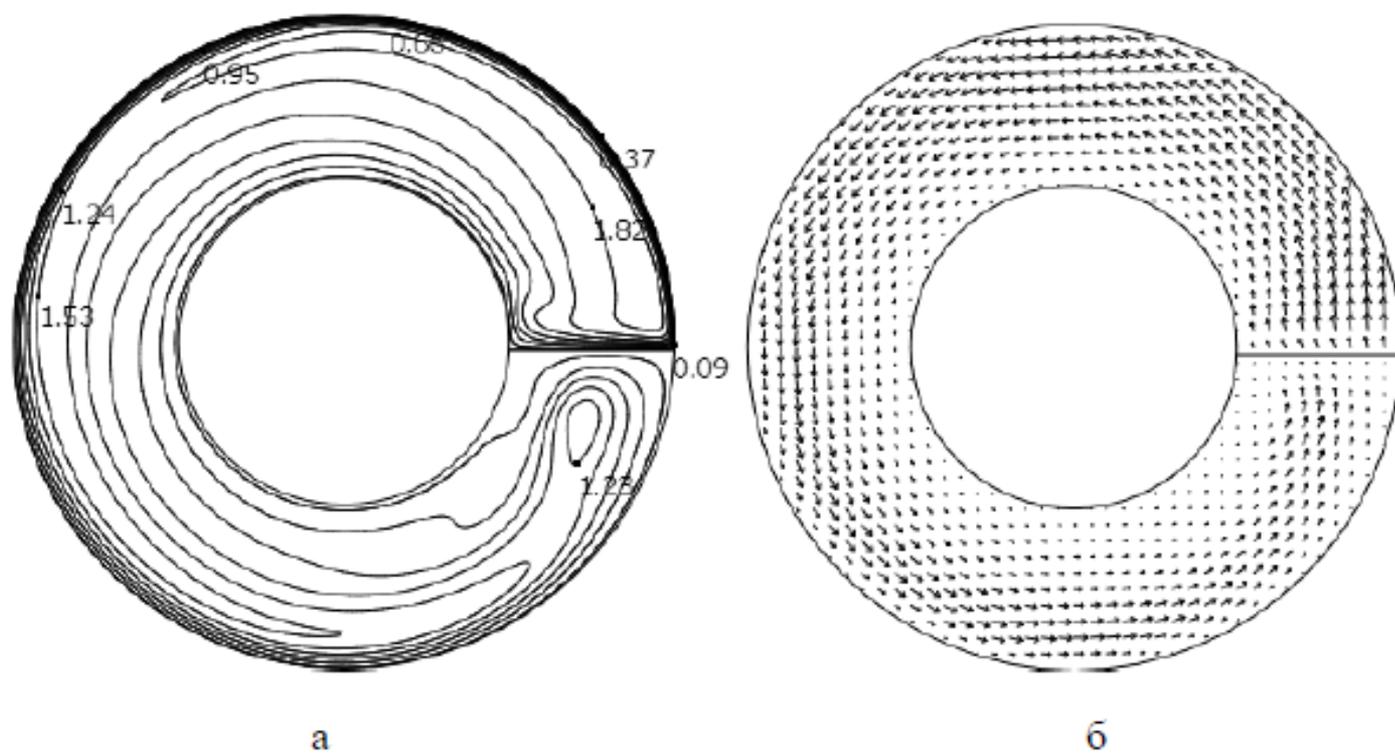
$$\begin{cases} x = R\xi^1 \text{Cos}(\xi^2 \pm \xi^3) \\ y = R\xi^1 \text{Sin}(\xi^2 \pm \xi^3) \\ z = w\xi^3 \end{cases}$$

**Декартово-винтовая система координат**

$$\begin{cases} x = R(\xi^1 \cos \xi^3 - \xi^2 \sin(\pm \xi^3)) \\ y = R(\xi^1 \sin(\pm \xi^3) + \xi^2 \cos \xi^3) \\ z = w\xi^3 \end{cases}$$

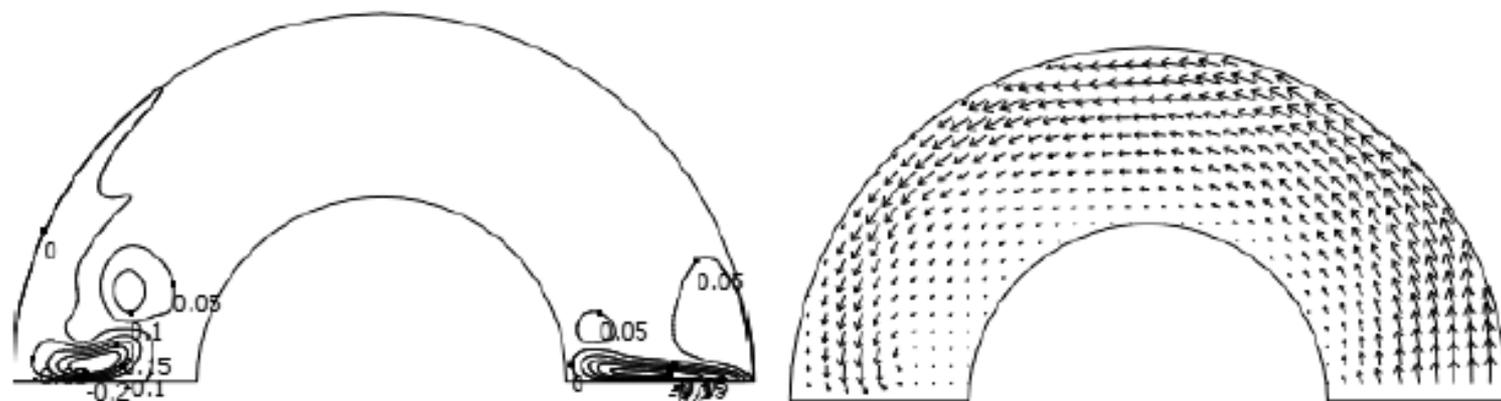
Здесь  $R$  - радиус трубы;  $w = S/(2\pi)$ ;  $S$  - шаг винтового канала.





а) Линии уровня безразмерной окружной составляющей скорости в каналах с однозаходной шнековой вставкой;

б) Поле безразмерных составляющих скоростей в поперечном сечении канала с однозаходной шнековой вставкой

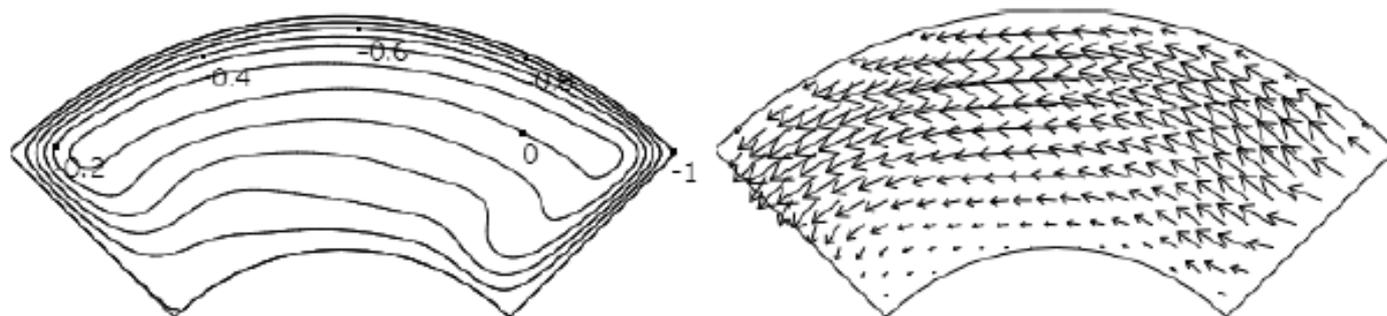


а

б

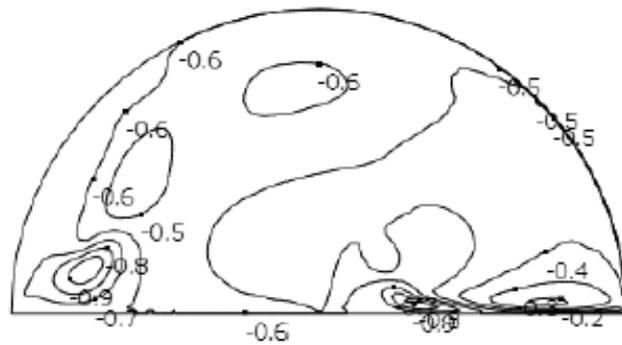
а) Линии уровня безразмерной радиальной составляющей скорости в каналах с двузаходной шнековой вставкой;

б) Поле безразмерных составляющих скоростей в поперечном сечении канала с двузаходной шнековой вставкой

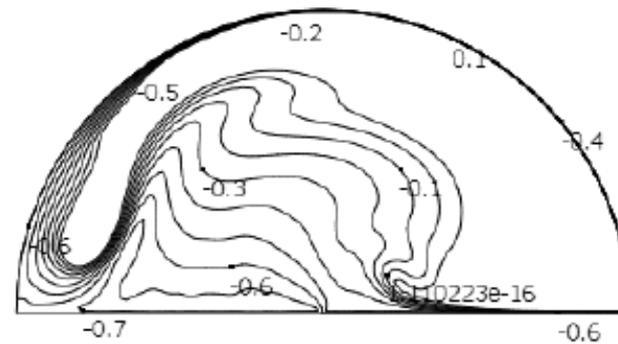


а) Линии уровня безразмерной окружной составляющей скорости в каналах с четырехзаходной шнековой вставкой;

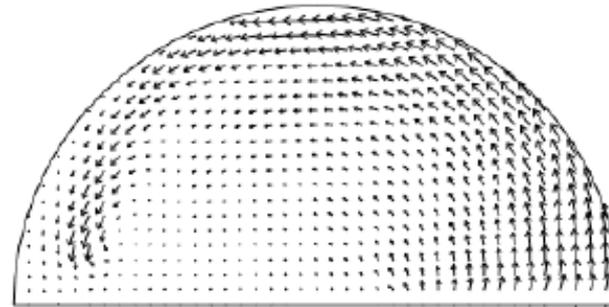
б) Поле безразмерных составляющих скоростей в поперечном сечении канала с четырехзаходной шнековой вставкой



а



б



в

а) Линии уровня безразмерной радиальной составляющей скорости в каналах с ленточной вставкой;

б) Линии уровня безразмерной окружной составляющей скорости в каналах с ленточной вставкой;

в) Поле безразмерных составляющих скоростей в поперечном сечении каналов с ленточной вставкой

## **Заключение**

При использовании непрерывных винтовых вставок, интенсификация процессов теплообмена происходит за счет придания всему потоку вращательного движения. Возникающие при этом поперечные потоки способствуют перемешиванию жидкости и интенсификации теплообмена. Такой способ интенсификации предпочтителен в случае течения жидкостей с высокими значениями вязкости, когда недостаточно воздействия на пристенные слои жидкости.