

**ПОНЯТИЕ О МЕТОДАХ ПОДОБИЯ И АНАЛИЗЕ РАЗМЕРНОСТЕЙ  
ПРИ ПОСТРОЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

**Е.А. Ракитин, О.Г. Буняк**

*Научный руководитель профессор С.Н. Харламов*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск Россия*

Цель статьи заключается в раскрытии понятия о методах подобия и их практической значимости. Метод подобия – это метод исследования физических явлений, заключающийся в анализе их математического описания и описывающий представление о физическом подобии явлений, о методологии эмпирических обобщений, которые имеют место в анализе геометрических подобных систем и в условии физического подобия явлений[1].

Физические подобия – это соответствие между процессами как одинаковой так различной физической природы, которое выражает тождественность и безразмерное описание.

Геометрические подобные системы – это системы, которые накладывают друг на друга изменение их масштаба.

Суть метода подобия – в установлении безразмерной комбинации критериев исходя из дифференциальных уравнений математических моделей, которые описывают явления в совокупности системы условия однозначности.

Уравнение подобия – функциональная связь между параметрами явлений, которая представляет собой выражение в соответствии между определяющими и определяемыми числами.

Критерий подобия – число подобия, которое составлено только из заданных параметров математического описания процесса.

Число подобия – безразмерный степенной комплекс, составлен из величин существенных для данного процесса[2].

Количество величин под знаком функции – сокращается, если ввести в уравнение безразмерные комплексы, это делается для упрощения исследования физических процессов. Помимо этого, введенные безразмерные комплексы отражают воздействие не только лишь совокупности факторов, а также в отдельности, для облегчения определения физической связи в изучаемом процессе[3].

Для того, чтобы на практике применять выводы теории подобия, нужно знать, как привести к безразмерному виду математические описания исследуемых процессов.

Эту операция можно выполнить несколькими методами, мы используем метод анализа размерностей.

Основные понятия о теории подобия можно получить из трех теорем подобия:

I теорема – в подобных явлениях одноименные числа подобия равны:

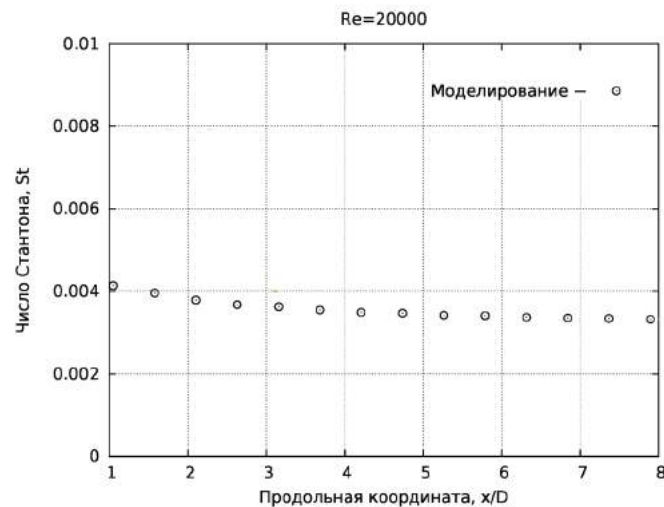
$$Re_1 = \frac{w_1 R_1}{\nu_1} = \frac{w_2 R_2}{\nu_2} = Re_2. \quad (1)$$

II теорема – решение дифференциального уравнения (системы уравнений) можно представить в виде функции от чисел подобия, полученных из этого уравнения:

$$Nu = f(X, Y, Z, Re, Gr, Pr). \quad (2)$$

III теорема – подобны те явления, условия однозначности которых подобны, а числа подобия, составленные из этих условий однозначности, равны.

На рисунке ниже представлено изменение критерия Стантона по продольной координате трубопровода.



*Рис. 1. Изменение критерия Стантона St в трубе [7].*

Бывают следующие виды подобия: геометрическое – подобие геометрических фигур; тепловое – подобие тепловых потоков и температурных полей; кинематическое – подобие движений жидкостей; динамическое – подобие сил, вызывающих подобные движения[2].

Построение моделей с помощью теории размерности базируется на следующем основном положении этой теории: любое уравнение, описываемое зависимостью между  $n$  физическими величинами в некотором процессе, может быть преобразовано в равносильное уравнение с  $n-k$  безразмерными величинами, где  $k$  – это число основных величин относящихся к данному явлению или процессу. Исходя из математической формулировки задачи, появляется список значимых для изучаемого процесса физических величин. Если же перечень известен, тогда нахождение чисел подобия можно проделать методом анализа размерностей[5].

В виде степенной формулы можно представить размерность. Согласно системе СИ формула размерности приобретает вид:

$$[\varphi] = L^i M^j T^k \Theta^l I^m J^n \quad (3)$$

где  $[\varphi]$  – производная единица измерения;

$n, m, l, k, j, i$  – действительные числа.

Размерность вторичной величины по отношению к первичной  $i$ , можно охарактеризовать значением показателя степени  $i$  при этой же первичной величине. Исходя из этого, зачастую безразмерные числа называют величиной с нулевыми размерностями, т.к. для этих величин показатели степени в формуле размерности (1) равны нулю. А размерность первичной величины принимается равной единице.

Физические величины помимо размерности так же характеризуются числовыми значениями. Прямым измерением, получают числовые значения первичных величин, иными словами путём соотношения какой-нибудь величины одинаковой физической породы, которая условно назначается стандартом и называется единицей измерения и измеряемой величиной. Выбор главных единиц измерения происходит в хаотичном порядке и зависит от того насколько удобно их использовать [4].

Определение числового значения вторичной величины производится косвенным путём, оно находится по числовым значениям первичной величины. От выбора единиц измерения первичных параметров зависят численные величины как вторичных, так и первичных параметров. Выбор основных единиц измерения не влияет только на численные значения величин с нулевой размерностью (безразмерных величин) [6].

Выбор списка первичных величин и их единиц измерения является важным звеном при создании системы единиц измерения.

На сегодняшний день правильная постановка и обработка экспериментов невозможны без учётов размерности и подобия. Порой на начальной стадии исследования некоторых непростых явлений теория размерности является единственным возможным теоретическим методом. Но не надо переоценивать возможности данного метода. Полученные результаты, которые получаются с помощью теории размерности, ограниченные и зачастую тривиальны. Вместе с тем абсолютно неверное распространённое мнение, что теория размерности не может дать значимых результатов.

При помощи теории размерности можно получить очень ценные выводы при анализе таких событий, которые зависят от огромного количества величин, но при этом так, что отдельные из этих величин в некоторых случаях становятся неосуществимы. Методы теории подобия и теории размерности играют очень значимую роль в моделировании разных явлений [2].

Использование теоремы подобия позволяет на практике находить характеристики потока при эксплуатации трубопровода.

Комбинирование теории подобия с соображениями, полученными из эксперимента или математическим путем из уравнений движения, иногда может приводить к довольно существенным результатам. Обычно теория размерности и подобия приносит очень много пользы и в теории и в практике. Все результаты, которые добываются с помощью этой теории, получаются всегда очень просто, элементарно и почти без всякого труда[6].

#### Литература

1. Бухмиров В.В. Тепломассообмен. Учебное пособие, издательство ИГЭУ, 2008.
2. Харламов С.Н. Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли. Конспект лекции, 2016.
3. Зависимые и независимые группы параметров. [Электронный ресурс]/ Моделирование процессов и оборудования электронной промышленности. URL: [http://elmash.snu.edu.ua/material/MPO\\_07/\\_private/lek/lek\\_3.htm](http://elmash.snu.edu.ua/material/MPO_07/_private/lek/lek_3.htm) (дата обращения 23.12.16).
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Учебник для вузов. – Москва 1975, 448с.
5. [Электронный ресурс]/ Конвективный теплообмен. URL: <http://stringer46.narod.ru/ConvectiveHeatexchange.htm>
6. [Электронный ресурс]/ Теория подобия. URL: [http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article\\_6227.html](http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_6227.html)
7. [Электронный ресурс]/ Основы моделирования турбулентности. URL: [http://azagoskin.ru/wp-content/uploads/2015/06/Stfx\\_Re20000.png](http://azagoskin.ru/wp-content/uploads/2015/06/Stfx_Re20000.png)