

УДК 621.01

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ДВИЖЕНИЯ ПЛЕНОЧНОГО ПОТОКА ЖИДКОСТИ***И.В. ГАНИЧЕВ, Е.Н. КАЛИНИН***(Ивановская государственная текстильная академия)**

Без знания с достаточной точностью характеристик и параметров сложной системы невозможно организовать качественное управление ею. Задача идентификации в широком смысле решается в условиях априорной неопределенности относительно модели системы. Выбор класса и структуры математической модели производится на основе теоретического анализа идентифицируемой системы с использованием общих закономерностей процессов, протекающих в системе или на основе априорной информации о подобных системах. В узком смысле задача идентификации состоит в оценке параметров и состояния системы при известной структуре и заданном классе математической модели.

С математической точки зрения задача идентификации рассматривается как задача определения экстремума некоторого показателя, характеризующего близость объекта и модели [1], [2]. Уравнения, представляющие собой необходимые условия достижения минимальной ошибки оценки параметров, связывают искомые оптимальные оценки параметров с экспериментальными данными  $y$  и  $u$ . Для того, чтобы проверить, насколько построенная модель имитирует или предсказывает данные наблюдений, необходимо сравнить их при одинаковых воздействиях на модель и исследуемую систему.

При осуществлении идентификационного эксперимента над динамической моделью вихревого движения пленочного потока жидкости по поверхности конусообразного ротора нами выполнены следующие действия:

– построен объект идентификации;

– определены сигналы, подаваемые на вход объекта;

– получены значения выходных сигналов;

– полагая, что нам не известны параметры объекта, произведено оценивание их по имеющимся входным и выходным сигналам.

В ходе эксперимента исходные массивы  $u$  и  $y$  были разделены на две части, одна из которых была использована для идентификации, а вторая предназначена для верификации динамической модели вихревого движения пленочного потока жидкости по конической поверхности ротора жидкостного аппарата, представленной в форме дифференциального уравнения движения выделенного объема жидкости по высоте конусообразной поверхности [1].

Практический и научный интерес представляют закономерности, характеризующие взаимосвязь геометрических, кинематических, гидравлических и динамических параметров, изменяющихся по радиусу вращающейся конической фильтрующей поверхности устройства. При рассмотрении вращения усеченной конической поверхности в покоящейся жидкости относительно оси, перпендикулярной к плоскостям оснований и проходящей через их центр, на частицы жидкости, контактирующие с поверхностью, действуют следующие силы: центробежная, гравитационная - скатывающая и силы гидравлического вязкого трения [1].

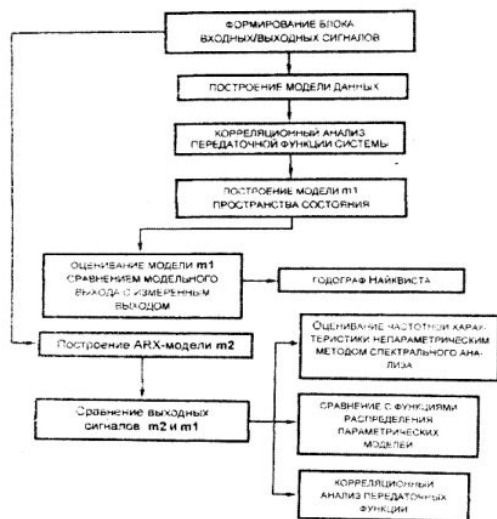


Рис. 1

Процедуры идентификации и верификации разработанной нами модели основаны на алгоритме, приведенном на рис.1 и модифицированном в соответствии с возможностями пакета *System Identification Toolbox* системы MatLab [3]. Идентификация системы основывалась на построении модели исследуемого объекта по наблюдаемым данным – входным и выходным сигналам.

Построение модели начиналось с формирования входных воздействий и выбора структуры модели, определяющей взаимосвязь наблюдаемых данных через рассматриваемую совокупность параметров. После этого входные воздействия подавались на объект и измерялись отклики на эти воздействия (выходные сигналы). Затем входные и выходные сигналы и выбранная структура использовались для оценки значений параметров в соответствии с принятым критерием качества.

Критерием качества идентификации, характеризующим степень адекватности модели объекту, служил среднеквадратичный критерий, по которому определены оценки параметров, обеспечивающие минимальный средний квадрат разности выходных сигналов модели и объекта при одном и том же входном воздействии – совпадение модельного выхода с измеренным и сравнимость выходных сигналов моделей пространства состояния  $m_1$  и авторегрессионной модели  $m_2$  с измеренной.

В качестве входных-выходных параметров нами принята зависимость изменения скорости движения потока по конической поверхности ротора как функция радиуса его внутренней поверхности.

На первом шаге реализации алгоритма была выполнена загрузка входных и выходных данных физического эксперимента и результатов обработки исследуемой компьютерной модели в виде векторов  $y_2$  и  $u_2$  с интервалом дискретизации [iddata ( $y_2$ ,  $u_2$ , 0.08)], составляющим 80 мс, и с определением интервала выборки от 200 до 300 значений входного параметра  $u_2$ .

Установление количества значений данных для создания модели с определением интервала выборки после исключения значений, находящихся на постоянном уровне, позволяет осуществить оценку импульсной передаточной функции методом корреляционного анализа относительно временных постоянных, отражающего область доверительных отклонений, соответствующую среднеквадратичным отклонениям 99,9%. Это дает возможность определить наличие временной задержки в исследуемой системе.

Формирование модели  $m_1$  пространства состояния проведено с автоматическим определением ее порядка методом проб и ошибок предсказания. Сформированная при этом матрица является модельным объектом, характеризующим все свойства (всю информацию), сохраненные в модели  $m_1$ .

Для оценки качества сформированной модели сравним модельный выход с измеренным выходом, для чего используем часть данных (выборку)-  $zv = sssss4$  (800:900), которые не входили в числовой массив формирования модели.

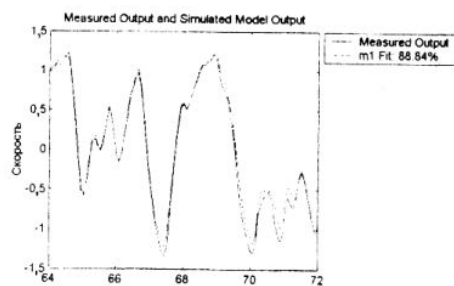


Рис. 2

Результат реализации описанной процедуры представлен на рис.2.

Годограф Найквиста [nyquist (m1, 'sd', 3)], характеризующий свойства модели, демонстрирует области неопределенности, соответствующие 3%-ным среднеквадратичным отклонениям, которые отмечены применительно к некоторым частотам эллипсами (рис. 3).

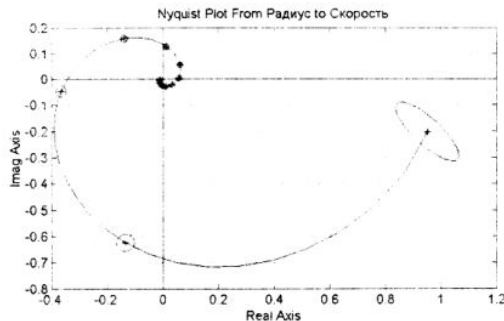


Рис. 3

Для исследования модели с разработанной структурой была создана модель  $m_2$  дифференциального уравнения с двумя полюсами, одним нулем и тремя задержками: ARX-модель [ $m_2 = \text{arx}(ze, [2 \ 2 \ 3])$ ], которая дает возможность объяснить или вычислить значение выхода за время  $t$ , учитывая предыдущие значения параметров  $y$  и  $u$  при интервале дискретизации 0,08 с.

После формирования ARX-модели для проверки правильности получаемых данных сравним ее с  $m_1$ , используя процедуру [compare(zv,m1,m2)]. Результат сравнения представлен на рис. 4.

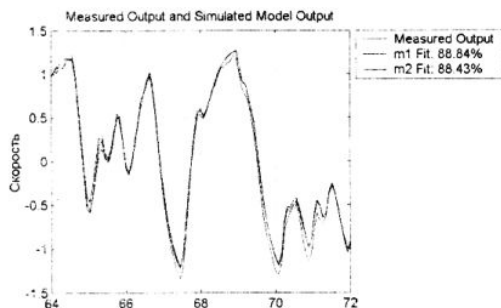


Рис. 4

Таким образом, величины минимального среднего квадрата разности выходных сигналов модели и объекта при одном и том же входном воздействии, составляющие 83,7% и 82,3% (совпадение модельного выхода с измеренным и сравнение выходных сигналов моделей пространства состояния  $m_1$  и авторегрессионной модели  $m_2$  с измеренными), свидетельствуют об адекватности разработанной нами динамической модели вихревого движения пленочного потока жидкости по конической поверхности ротора жидкостного аппарата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ганичев И.В., Калинин Е.Н. Разработка и исследование компьютерной модели вихревого движения пленочного потока в процессе фильтрации дисперсных примесей // III Междунар. конф.: Идентификация систем и задачи управления. – Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Российский Национальный Комитет по автоматическому управлению, Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления Российской Академии наук. М., 2004.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. — М.: Наука, 1991.
3. Дьяконов В., Круглов В. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 30.01.04.