

Олиферович Н.М., Гринюк Д.А.,  
Оробей И.О., Фокин Т. П.  
(БГТУ)

## ПОСТРОЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Современные производства невозможно представить без глубокого уровня автоматизации. При построении эффективных систем автоматизации из основных задач является построение их моделей, т.е. отображение в какой-либо форме свойств, закономерностей, физико-химических характеристик, которые характерны для данного объекта [1]. В сильно упрощенном виде это можно представить как на рис. 1.

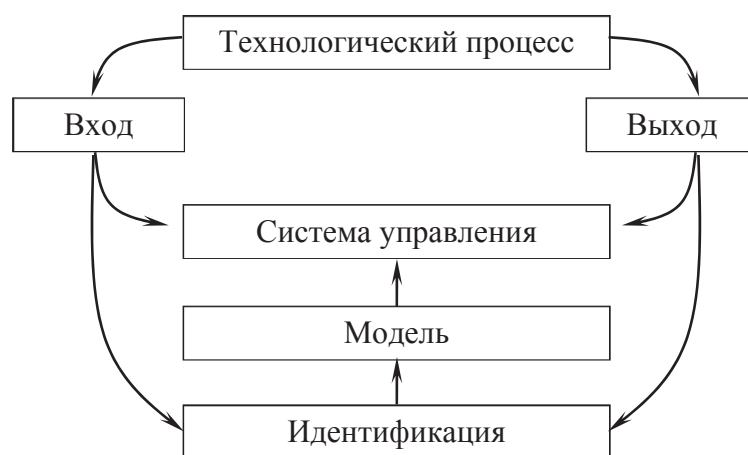


Рисунок 1 – Один из распространенных вариантов построения современных систем управления

Модель объекта, которая адекватно отображает статические и динамические связи между входными и выходными параметрами объекта, позволяет, в свою очередь, найти наиболее точные настройки регуляторов для построения системы управления с заданными требованиями.

Анализ характеристик процессов и взаимосвязей между переменными имеет первостепенное значение при прогнозировании, управлении, мониторинге, проектировании и внедрении инноваций в технологические системы. Ключевым шагом в этом анализе является разработка математического описания изучаемого процесса, известного как модель. При разработке моделей обычно используются два противоположных подхода: теоретический (из первых принципов) подход, основанный на фундаментальных законах материи и энергии,

и эмпирический подход, основанный на анализе наблюдений (экспериментальных или оперативных) данных. Последний подход является весьма практичной альтернативой первому и широко используется, поскольку большинство процессов слишком сложны, чтобы их можно было понять на фундаментальном уровне. Наблюдения потенциально несут в себе огромное количество информации, которая в остальном остается неясной для подхода, основанного на первых принципах. Предмет идентификации системы связан со средствами и методами изучения технологической системы с помощью наблюдаемых экспериментальных данных, в первую очередь для разработки подходящего (математического) описания этой системы.

Идентификация объектов управления относится к категории обратной задачи системного анализа, при которой по заданным входным и выходным сигналам требуется определить вид и параметры математической модели, которая наиболее точно отражает взаимосвязь входных и выходных параметров процесса.

Задача идентификации модели объекта в общем случае включает три стадии: выбор структуры модели (структурная идентификация), определение критериев подобия модели и объекта, параметрическая идентификация.

На сегодняшний день существует большое количество методов параметрической и непараметрической идентификации. Выбор конкретного подхода к решению задачи, должен учитывать особенности техпроцесса, условия функционирования объекта, способ проведения эксперимента (тестирования), вид получаемой модели и т.д. Так, по способу проведения эксперимента, методы идентификации можно поделить на активные и пассивные. В первом случае, на вход объекта подается специально сформированное воздействие. Для линейных объектов на практике применяют в основном ступенчатое воздействие, либо периодический сигнал прямоугольной формы. Широкое распространение так же получили и частотные методы, при котором на вход системы подается гармонический сигнал [2–5]. Достоинством активной идентификации является отсутствие жестких требований к первоначальной информации об объекте.

Пассивные методы применяются для объектов на основании анализа нормальной работы системы. Параметры модели определяют по результатам статистической обработки полученной информации о поведении выходных параметров объекта при естественном изменении входных. Преимущество такого подхода обусловлено возможностью их применения в условиях нормально функционирующего объекта, т.е. для реальных технологических процессов. Следует так же отметить, что по сравнению с активной идентификацией данный подход будет иметь более низкую точность.

В зависимости от характера анализируемого сигнала применяют либо детерминированные, либо статистические методы обработки данных. Детерминированные методы используют только для активной идентификации, когда входные и выходные сигналы имеют детерминированную форму. При этом, для реальных технологических объектов, данные сигналы могут быть сильно «зашумлены», что приводит к необходимости дополнительно проводить сглаживание сигналов.

Так же следует учитывать, что не все методы идентификации применимы для исследования динамических свойств объектов. Важной особенностью является возможность проведения сравнения полученной модели с объектом. Есть три универсальных факта идентификации, касающихся точности и прецизионности идентифицированных моделей, которые также обеспечивают ориентиры для идентификации [1]:

1. Как правило, невозможно построить точную модель на основе данных с конечной выборкой. Любая модель, оцененная на основе данных, содержащих ошибки, никогда не может быть точной. Более важным фактором является возможность несоответствия модели и процесса (любой процесс обычно более сложен, чем предполагаемая математическая модель). Неправильная спецификация структуры модели обычно приводит к систематическим ошибкам в оценках и прогнозах модели. Технически такие оценки и прогнозы называются предвзятыми. Общие усилия при оценке заключаются в получении несмещенных оценок, но этого можно достичь только при «правильном» описании структуры модели, правильном выборе метода оценки и во многих ситуациях только с помощью бесконечных (очень больших) наблюдений. Когда последнее достигается, модель называется асимптотически несмещенной.

2. Как правило, невозможно оценить точную модель на основе данных с конечной выборкой. Это связано с тем, что одна запись данных является лишь одной из нескольких возможных записей данных для одного и того же эксперимента. Повторение эксперимента дает численно другой набор показаний. Причиной такой вариабельности данных в разных сериях экспериментов является случайность помех и шум измерений.

3. Точность и прецизионность оптимально идентифицированной модели, среди других факторов, в решающей степени зависит от типа входного сигнала (возбуждение и форма, причем последнее справедливо для нелинейных систем) и отношения полезный сигнал- шум, достигнутый в эксперименте. Качество окончательной модели зависит от того, насколько информативны данные. Информационная метрика Фишера играет фундаментальную роль в этом отношении. Следовательно, важной задачей при идентификации является структура входов. Проблема заключается в том, что для правильного проектирования входных

данных требуется достаточное знание системы и уровня неопределенностей, что и является целью самого проектирования входных данных. Таким образом, идентификация – это неизбежное итеративное упражнение.

С учетом данных факторов, а также увеличения параметров контроля на технологических объектах в последнее время нашли широкое применения для подмены «исследователя» применения нечетких, нейронных и гибридных систем. Специфика данных систем в общем случае помогает принять решения по адекватности структуры модели и найденным параметрам [5].

### Литература

1. Principles of system identification : theory and practice. Tangirala, Arun K., Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. p. 881.
2. Oliferovich N., Hryniuk D., Orobei I. Harmonic identification of technological objects in real time // 2016 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream 2016), Vilnius, Lithuania, 21 April 2016, – pp. 1–4.
3. Oliferovich N., Hryniuk D., Orobei I. The use of harmonic identification algorithms to air heat exchanger // 2017 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream) April 2017, p. 1–5.
4. Д. А. Гринюк Д. А., Н. М. Олиферович, И. О. Оробей Алгоритмы гармонической идентификации для технологических объектов и их апробация на тепловом объекте. // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. – Минск : БГТУ, 2017. – № 2 (200). – С. 76–81.
5. Boutalis Y., Theodoridis D., Kottas T., Christodoulou M. A. System identification and adaptive control: theory and applications of the neurofuzzy and fuzzy cognitive network models. // Springer, Heidelberg, P. 312.

УДК 655.52-529

**Гринюк Д.А., Олиферович Н.М.,  
Сухорукова И.Г., Роленок Д.И.**  
(БГТУ)

### **ЭФФЕКТИВНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ПОМЕХ В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Вопросам усовершенствованного управления при автоматизации технологических процессов сейчас уделяется большое внимание. Техническая база позволяет имплементировать теоретические решения теории управления любой сложности. Однако наложение физических