

# К ОСНОВАМ МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**К.С. Гинсберг**

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: [ginsberg@mail.ru](mailto:ginsberg@mail.ru)

**Ключевые слова:** инженерная практика, технический объект, структурная идентификация, техническая система, система автоматического управления, методология, идеи, понятия, системно-функциональная эталонная графическая модель.

**Аннотация:** Отмечается актуальность и высокая практическая значимость проблемы рациональной организации структурной идентификации. Утверждается, что ее решением является методология структурной идентификации, разработанная на основе признания решающей роли человеческого фактора в процессах организации и проведения структурной идентификации. Предлагается конкретно-прикладной подход к решению этой проблемы. Приводится системно-функциональная эталонная графическая модель поведения коллектива разработчиков САУ, которая рассматривается как ключевой элемент методологии структурной идентификации для цели проектирования реальных систем автоматического управления с требуемыми свойствами.

## 1. Введение

В настоящей работе под рациональной структурной идентификацией понимается итерационный процесс порождения и первичной проверки гипотез об адекватной модельной структуре технического объекта на основе анализа и синтеза знаний и эмпирических данных об этом объекте, целью которого является выдвижение гипотез, содержащих точное математическое описание адекватной модельной структуры технического объекта. Эта идентификация рассматривается как обязательная компонента инженерной практики создания реальных технических систем с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности. Ее нельзя вычленивать из данной практики и изучать независимо и автономно от других процессов этой практики, не потеряв при этом существенных для ее функционирования связей. Субъектом идентификации является коллектив разработчиков технической системы с требуемыми свойствами.

Для рациональной организации такой структурной идентификации необходима методология, разработанная на основе признания решающей роли человеческого фактора в процессах организации и проведения структурной идентификации, основанная на понимании структурной идентификации как процесса практического познания и системного объекта определенной инженерной практики. Для создания подобной методологии предлагается использовать конкретно-прикладной подход к решению проблемы структурной идентификации. Его ключевые положения:

- изучение любого вида рациональной структурной идентификации на теоретическом уровне исследования необходимо осуществлять, рассматривая эту идентификацию как системный объект и обязательную компоненту инженерной практики создания реальных технических систем с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности;
- методы и средства рациональной организации конкретного вида структурной идентификации необходимо разрабатывать на основе учета особенностей порождающей этот вид инженерной практики и применения научных конкретизаций и детализаций общих положений системного, функционального, когнитивного и статистического подходов.

Основная цель доклада – иллюстрация возможностей предлагаемого подхода для развития научных знаний о структурной идентификации. В качестве иллюстрации в докладе будут представлены концептуальные основы методологии структурной идентификации для цели проектирования реальных САУ с требуемыми свойствами. Ввиду небольшого размера публикации в ней приведена только системно-функциональная эталонная графическая модель поведения субъекта структурной идентификации, которая рассматривается как ключевой элемент этой методологии. Настоящая работа относится к нетрадиционному направлению исследований, главной целью которого является разработка методологий структурной идентификации для различных инженерных практик создания технических систем с требуемыми свойствами. В узком смысле эти методологии представляют собой детализированные системно-функциональные эталонные модели поведения коллективов разработчиков технических систем в структурной идентификации. Настоящая работа продолжает исследования [1-4].

## 2. Традиционное направление исследований

В работе [5] приведена библиография публикаций по проблеме структурной идентификации, содержащая ссылки на 49 книг, 40 обзоров и 89 статей. На основе анализа этих публикаций можно выделить следующие вехи. С 1937 по 1969 гг. опубликованы 4 книги, в которых имеются разделы, посвященные проблеме структурной идентификации. В период с 1966 по 1968 гг. появляются 3 обзора, которые содержат ссылки на работы по этой проблеме. В 70-х гг. прошлого века разделы, посвященные указанной проблеме, имеются уже в 10 книгах и 8 обзорах. Изучение этой проблемы особенно активно ведется в 80-е годы прошлого века. Исследования данного периода изложены в 25 книгах и 16 обзорах. Начиная с 90-х гг. прошлого века, интенсивность публикаций по данной проблеме заметно снижается.

Анализ содержания работы [5] показывает, что в подавляющем большинстве указанных в ней публикаций исследуется проблема разработки математических методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур (кратко – математических методов выбора). Под модельной структурой понимается семейство математических моделей технического объекта, параметризованное скалярным или векторным параметром с заданным множеством допустимых значений в евклидовом пространстве. Все параметры этого семейства выбираются таким образом, чтобы их эмпирические значения можно было определить на основе традиционных методов параметрической идентификации.

Направление исследований, которое нацелено исключительно на решение проблемы разработки математических методов выбора, назовем традиционным. В настоящее время это направление содержит большое количество математических методов выбора и значительное число публикаций. Тем не менее, исследования по математическим ме-

тодам выбора продолжают в настоящее время и весьма далеки до своего завершения. Представляется, что это связано, в первую очередь, с отсутствием решения трех проблем: проблемы установления существенных (с точки зрения практического применения) свойств алгоритмов структурной идентификации; проблемы отыскания и научного обоснования теоретического критерия качества алгоритмов структурной идентификации; проблемы математического обоснования алгоритмов структурной идентификации. Но даже полное решение всех проблем традиционного направления не представляет собой решение проблемы рациональной организации структурной идентификации, если под структурной идентификацией понимать реальный процесс, в котором решающее значение имеет человеческий фактор. Ее решение – предмет и цель нетрадиционного направления исследований.

Отметим следующее. Идеи и представления о структурной идентификации как определенной человеческой деятельности присутствуют в некоторых работах традиционного направления. Особенно в этом отношении отличается работа [6]. Но только содержание работы [1] можно, по-видимому, рассматривать как первую попытку рационально объединить эти идеи и представления в концептуальный базис нетрадиционного направления исследований.

### **3. К основам методологии: эталонная модель поведения**

На рис. 1 изображена разработанная системно-функциональная эталонная графическая модель поведения субъекта рациональной структурной идентификации, организованной для цели проектирования САУ с требуемыми свойствами. Здесь каждый прямоугольник (блок) представляет определенную функцию коллектива разработчиков САУ, содержание которой отражено в названии блока. Например, блок 1 представляет функцию коллектива разработчиков в текущей итерации структурной идентификации. Блок 2 – его функцию в системном окружении текущей итерации.

При разработке графической модели поведения использовались следующие сокращения: АМС – адекватная модельная структура технического объекта; СТИ – структурная идентификация; проблема АМС – проблема отыскания адекватной модельной структуры технического объекта; пробный вариант САУ – система автоматического управления, которая состоит из автоматизируемого технического объекта, системы измерения входных и выходных сигналов объекта и макета регулятора проектируемой САУ; пробная эксплуатация – производственные испытания пробного варианта проектируемой САУ, которые осуществляются во всех существенных для производства режимах функционирования технического объекта; адекватная модельная структура – модельная структура, с помощью которой коллектив разработчиков в процессе научно организованной параметрической идентификации, реализованной на основе имеющихся эмпирических данных, может построить адекватную математическую модель технического объекта; адекватная математическая модель технического объекта – математическая модель, имеющая такой уровень функционального подобия моделируемому объекту, при котором на основе этой модели коллектив разработчиков может создать реальную САУ с требуемыми свойствами; предполагаемое решение проблемы АМС – наиболее предпочтительная гипотеза об АМС, имеющая по результатам ее первичной проверки значимое, с точки зрения разработчиков, подтверждение, которое недостаточно для начала ее практического применения; приемлемое решение проблемы АМС – наиболее предпочтительная гипотеза, имеющая по результатам ее испытаний в системном окружении рациональной структурной идентификации достаточное, с точки зрения разработчиков, подтверждение для начала ее практического применения; каждая рабо-



- 4) Принятие решения о переходе к следующей итерации структурной идентификации или решения о начале комплексной проверки в системном окружении структурной идентификации наиболее предпочтительных гипотез, определенных на стадии 2) и прошедших первичную проверку на стадии 3) (осуществляется путем реализации функции 1.7).

Вторая стадия итерации состоит из четырех этапов.

- 1) Экспертный анализ причин отклонения гипотез об адекватной модельной структуре, исследованных в системном окружении рациональной структурной идентификации до начала текущей итерации.
- 2) Формирование набора рабочих гипотез об адекватной модельной структуре.
- 3) Отбор приемлемых (с точки зрения разработчиков) методов выбора наиболее предпочтительной гипотезы из заданного набора рабочих гипотез.
- 4) Определение наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре с помощью приемлемых методов выбора.

Цель первого и второго этапов второй стадии – формирование такого набора рабочих гипотез, в котором хотя бы одна гипотеза содержит точное математическое описание адекватной модельной структуры, т.е. является верной гипотезой. Цель третьего и четвертого этапов второй стадии – выбор верной гипотезы из имеющегося набора рабочих гипотез в случае, если этот набор содержит верную гипотезу.

## 4. Заключение

Представляется, что создание методологии структурной идентификации для цели проектирования технических систем является одной из центральных задач идентификации систем как научно-прикладной дисциплины.

## Список литературы

1. Гинсберг К.С. Проблема структурной идентификации для цели проектирования системы автоматического управления // Труды X Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '15. Москва, 26-29 января 2015 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2015. С. 43-80.
2. Салихов З.Г., Гинсберг К.С. Исследование эволюции в области идентификации математических моделей металлургических процессов при создании реальных систем автоматического управления // Цветные металлы. 2016. № 11. С. 105-112. DOI: 10.17580/tsm.2016.11.11.
3. Гинсберг К.С. Актуальные проблемы разработки научной методологии структурной идентификации и ее математического обеспечения // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 4. С. 43-51.
4. Гинсберг К.С., Генкин А.Л. К основам научной методологии структурной идентификации для цели создания реальных систем автоматического управления с требуемыми свойствами // Вестник Череповецкого государственного университета. 2018. № 3 (84). С. 24-30. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-3-84-3.
5. Гинсберг К.С. Концепция научного проектирования инженерного моделирования для слабо изученных объектов управления: новый подход к проблемам структурной идентификации // Труды IX Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '12. Москва, 30 января - 2 февраля 2012. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2012. С. 802-828.
6. Eykhoff P. Identification Theory: Practical Implications and Limitations // Proceeding of the 4th IMEKO Symposium on Measurement and Estimation. Bressanone (Brixen). Italy. May 8-12, 1984. P. VI-XVI.