

Гинсберг Константин Симонович

Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН
(Москва, Россия)
E-mail: ginsberg@mail.ru

Ginsberg Konstantin Simonovich

PhD in Technical Sciences, Senior Researcher,
V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences
of Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia)
E-mail: ginsberg@mail.ru

Генкин Аркадий Львович

Доктор технических наук,
старший научный сотрудник,
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН
(Москва, Россия)
E-mail: algenkin@yandex.ru

Genkin Arkadiy Lvovich

Doctor of Technical Sciences, Senior
Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of
Control Sciences of Russian
Academy of Sciences
(Moscow, Russia)
E-mail: algenkin@yandex.ru

**К ОСНОВАМ НАУЧНОЙ
МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРНОЙ
ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛИ
СОЗДАНИЯ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ С ТРЕБУЕМЫМИ
СВОЙСТВАМИ**

**ON THE STRUCTURE
IDENTIFICATION SCIENTIFIC
METHODOLOGY FOUNDATIONS
FOR THE PURPOSE OF CREATION
OF REAL AUTOMATIC CONTROL
SYSTEMS WITH REQUIRED
PROPERTIES**

Аннотация. Раскрывается содержание понятия о научной методологии структурной идентификации. Формулируется основная гипотеза исследований по научной методологии. Предлагаются в качестве основы для дальнейшего развития системно-функциональная эталонная модель поведения субъекта структурной идентификации и модель состава системного контекста структурной идентификации. Приводится общее определение структурной идентификации для цели создания САУ с требуемыми свойствами. Формулируются наиболее важные в настоящее время направления исследований по научной методологии структурной идентификации.

Abstract. The content of the concept of scientific methodology of structure identification is defined. The main hypothesis of research on scientific methodology is formulated. The system-functional reference model of the behavior of the subject of structure identification and the model of the composition of the system context of structure identification are suggested as a basis for further development. A general definition of structure identification for the purpose of creation an automatic control system with required properties is given. The most important directions of research on the scientific methodology of structure identification are formulated.

Ключевые слова: технические объекты, системы автоматического управления, научная методология, структурная идентификация, системный подход, человеческий фактор, инженерная практика

Keywords: technical objects, automatic control systems, scientific methodology, structure identification, system approach, human factor, engineering practice

Введение

Настоящая работа является дальнейшим развитием исследований [1]–[4], нацеленных на разработку методов рациональной организации структурной идентификации технических объектов для инженерной практики создания реальных систем автоматического управления (САУ) с требуемыми свойствами. Указанные исследования отличаются от традиционных работ в области структурной идентификации:

- признанием решающей роли познавательной деятельности коллектива разработчиков САУ в проведении структурной идентификации;
- отношением к структурной идентификации как системному объекту в рамках инженерной практики создания реальных САУ с требуемыми свойствами;
- нацеленностью на разработку методов построения адекватных математических моделей технических объектов.

В настоящей работе термин «научная методология структурной идентификации» (кратко – научная методология) употребляется в двух смыслах: узком и широком. Под научной методологией в узком смысле понимается научно и экспериментально обоснованная детализированная системно-функциональная эталонная модель поведения субъекта структурной идентификации для цели создания реальной САУ с требуемыми свойствами. Эталонной моделью называется модель «для подражания», которая представляет собой описание эталона поведения для субъекта структурной идентификации. В качестве возможных эталонов рассматривается реальное или возможное поведение высокопрофессиональных коллективов разработчиков САУ в процессе структурной идентификации в рамках инженерной практики создания реальных САУ с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности.

Под научной методологией в широком смысле понимается система научных знаний об организации структурной идентификации для цели создания реальных САУ с требуемыми свойствами, состоящая из следующих компонентов:

- 1) научно и экспериментально обоснованной детализированной системно-функциональной эталонной модели поведения субъекта структурной идентификации (коллектива разработчиков САУ);
- 2) научно обоснованной концептуальной модели системного контекста структурной идентификации;
- 3) научного знания о методах и средствах организации структурной идентификации для цели создания реальной САУ с требуемыми свойствами.

Основное назначение научной методологии – обеспечить профессионально подготовленные коллективы разработчиков САУ такими концептуальными и математическими средствами информационной поддержки, используя которые, разработчики САУ могут рационально организовать процесс построения адекватной модельной структуры произвольного технического объекта в условиях априорной структурной неопределенности.

Настоящая работа структурирована следующим образом. Во введении раскрывается содержание понятия о научной методологии структурной идентификации. В основной части формулируется основная гипотеза исследований по созданию научной методологии, предлагаются в качестве основы для дальнейшего развития системно-функциональная эталонная модель поведения субъекта структурной иденти-

фикации и модель состава системного контекста структурной идентификации. Приводится общее определение структурной идентификации для цели создания реальной САУ с требуемыми свойствами. В выводах формулируются наиболее важные в настоящее время направления исследований по научной методологии структурной идентификации. Основная цель работы – изложить в качестве основы для дальнейшего развития некоторые элементы научной методологии структурной идентификации.

Основная часть

Основной гипотезой исследований по научной методологии считается содержание следующих трех предположений:

- 1) субъектом структурной идентификации является коллектив разработчиков САУ, который осуществляет практическое познание технического объекта как объекта управления, нацелен на построение адекватной модельной структуры технического объекта и мотивирован на создание реальной САУ с требуемыми свойствами;
- 2) структурная идентификация является обязательным компонентом инженерной практики создания реальной САУ с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности;
- 3) структурную идентификацию нельзя вычленивать из инженерной практики создания реальной САУ с требуемыми свойствами и рассматривать независимо, не потеряв при этом существенных для ее функционирования связей.

Термин «практическое познание технического объекта» употребляется в значении «познание технического объекта в процессе инженерной практики создания реальной САУ». Практическое познание всегда осуществляется не ради отыскания адекватной модельной структуры технического объекта (кратко – адекватной модельной структуры) или даже адекватной математической модели технического объекта, а для оперативного и рационального создания реальной САУ, удовлетворяющей требованиям заказчика. Адекватная модельная структура – это модельная структура технического объекта, на основе которой коллектив разработчиков в процессе параметрической идентификации (нацеленной на выполнение требований заказчика САУ) может построить адекватную математическую модель технического объекта. Адекватная математическая модель технического объекта – это математическая модель, имеющая такой уровень функционального подобия моделируемому техническому объекту, при котором на основе этой модели коллектив разработчиков может создать реальную САУ с требуемыми свойствами. Под модельной структурой технического объекта понимается семейство математических моделей технического объекта, параметризованное скалярным или векторным параметром с заданным множеством допустимых значений в евклидовом пространстве. Под априорной структурной неопределенностью понимается отсутствие у коллектива разработчиков САУ достоверного априорного знания об адекватной модельной структуре технического объекта в момент принятия решения о начале процесса автоматизации этого объекта.

Представленная в настоящей работе системно-функциональная эталонная модель поведения субъекта структурной идентификации получена путем существенного развития традиционных представлений о структурной идентификации на основе бо-

лее полного и точного учета на модельном уровне влияния деятельности коллектива разработчиков САУ и его познавательной активности, системности и целенаправленности процессов структурной идентификации. Согласно этой модели, поведение субъекта в процессе структурной идентификации представляет собой итерационный процесс. Каждая итерация этого процесса состоит из четырех стадий с разными типами поведения субъекта:

- 1) содержательной постановки проблемы построения адекватной модельной структуры технического объекта;
- 2) формирования наиболее предпочтительных (с точки зрения определенных показателей) гипотез об адекватной модельной структуре;
- 3) оценивания степени теоретической и практической обоснованности наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре;
- 4) принятия решения о переходе к следующей итерации поведения субъекта структурной идентификацией или решения о начале параметрической идентификации моделируемого технического объекта.

Субъектом структурной идентификации считается коллектив разработчиков САУ, который осуществляет практическое познание технического объекта, нацелен на отыскание адекватной модельной структуры и мотивирован на создание реальной САУ с требуемыми свойствами. Конечной целью деятельности субъекта является построение адекватной модельной структуры технического объекта. Ведущий мотив его поведения – намерение создать реальную САУ с требуемыми свойствами.

Первая стадия итерации – содержательная постановка проблемы построения адекватной модельной структуры технического объекта. Под проблемой построения адекватной модельной структуры понимается система знаний, которая состоит из условий и требований. Условия содержат все знания субъекта о структурной идентификации и ее системном контексте. Среди них наиболее значимыми являются: эмпирическое знание о реальных структурных идентификациях, научное знание о возможных в определенных условиях структурных идентификациях, индивидуальный опыт практической деятельности по созданию реальных САУ. Требования содержат все знания субъекта о желаемом, приемлемом и предполагаемом решении проблемы построения адекватной модельной структуры.

Вторая стадия итерации – формирование наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре. Эта стадия состоит из четырех этапов:

- 1) экспертного анализа причин отклонения гипотез об адекватной модельной структуре, исследованных в рамках системного контекста структурной идентификации до начала текущей итерации; целью экспертного анализа является разработка рекомендаций по выбору нового набора рабочих гипотез об адекватной модельной структуре;
- 2) формирования набора рабочих гипотез об адекватной модельной структуре; каждая рабочая гипотеза представляет собой предположение, что определенная модельная структура является адекватной модельной структурой; модельная структура в составе рабочей гипотезы выбирается субъектом структурной идентификации как возможный кандидат на роль адекватной модельной структуры;

3) формирования совокупности приемлемых (с точки зрения разработчиков САУ) методов выбора наиболее предпочтительных гипотез из заданного набора рабочих гипотез;

4) определения наиболее предпочтительных гипотез в заданном наборе рабочих гипотез с помощью отобранной на третьем этапе совокупности приемлемых методов выбора.

Третья стадия итерации – оценивание степени теоретической и практической обоснованности наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре. Эта стадия состоит из двух этапов:

1) экспертной оценки функционального соответствия наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре и моделируемого технического объекта;

2) экспертной оценки степени теоретической и практической обоснованности наиболее предпочтительных гипотез об адекватной модельной структуре.

Желаемым решением проблемы построения адекватной модельной структуры считается адекватная модельная структура технического объекта. Приемлемым решением этой проблемы называется наиболее предпочтительная гипотеза об адекватной модельной структуре, имеющая по результатам ее испытаний в системном контексте структурной идентификации достаточное, с точки зрения разработчиков САУ, подтверждение для начала ее практического применения. Под практическим применением понимается, как минимум, использование гипотезы для разработки окончательного варианта технического задания на создание САУ.

Предполагаемым решением проблемы называется наиболее предпочтительная гипотеза об адекватной модельной структуре, имеющая по результатам ее исследований на третьей стадии текущей итерации значимое для разработчиков САУ подтверждение, которое недостаточно для начала практического применения этой гипотезы. Наличие значимого подтверждения, указывающего на практическую перспективность гипотезы, является веским основанием для организации ее дополнительных испытаний в системном контексте структурной идентификации с целью оценки полезности ее использования в качестве приемлемого решения проблемы.

Предполагаемое решение проблемы, которое по результатам испытаний в системном контексте структурной идентификации не может быть интерпретировано в качестве приемлемого решения, считается не соответствующим требованиям решаемой проблемы. В этом случае предполагается начало следующей итерации поведения субъекта, в которой на первой стадии осуществляется содержательная постановка новой проблемы построения адекватной модельной структуры. Аналогично происходит и в том случае, когда наиболее предпочтительные гипотезы по результатам исследований на третьей стадии текущей итерации не могут быть интерпретированы как предполагаемое решение.

Процесс содержательной постановки новой проблемы, определение наиболее предпочтительных гипотез и их испытания в системном контексте структурной идентификации продолжаются до тех пор, пока не будет найдена гипотеза об адекватной модельной структуре, которая имеет достаточное подтверждение для начала ее практического использования.

Дальнейшее развитие разработанной системно-функциональной эталонной модели поведения до уровня научной методологии в узком смысле осуществляется на основе ее конкретизации и детализации, научного и экспериментального обоснования новых эталонных моделей поведения.

Под структурной идентификацией технического объекта для цели создания реальной САУ с требуемыми свойствами (кратко – структурной идентификацией) будем понимать процесс построения адекватной модельной структуры технического объекта на основе анализа, обработки и синтеза знаний и экспериментальных данных о моделируемом техническом объекте. Структурную идентификацию назовем рациональной, если она осуществляется в точном соответствии с требованиями научно и экспериментально обоснованной детализированной системно-функциональной эталонной модели поведения субъекта структурной идентификации.

Относительно структурной идентификации будем полагать, что она состоит из двух компонентов:

- 1) познавательной деятельности субъекта структурной идентификации, включающей его взаимодействия с техническими средствами структурной идентификации, знаниями и экспериментальными данными об объекте автоматизации и системном контексте структурной идентификации;
- 2) процессов функционирования технических средств структурной идентификации.

Под системным контекстом структурной идентификации технического объекта понимается система реальных процессов и научного знания, которая включает структурную идентификацию этого технического объекта и определяет ее базисные свойства и назначение. Системный контекст состоит из следующих компонентов:

- 1) математического моделирования технического объекта для цели создания реальной САУ с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности, в состав которого в качестве основного компонента входит структурная идентификация этого технического объекта;
- 2) научного знания о методах и средствах организации математического моделирования технического объекта в рамках инженерной практики создания реальной САУ с требуемыми свойствами в условиях априорной структурной неопределенности;
- 3) процессов инженерной практики создания реальной САУ с требуемыми свойствами для моделируемого и автоматизируемого технического объекта, которые непосредственно или опосредованно влияют на проведение реализуемого в рамках этой инженерной практики математического моделирования технического объекта.

Выводы

Разработанные элементы научной методологии, по мнению авторов, являются только первым, начальным, результатом на трудном и долгом пути создания научной методологии структурной идентификации, а в более отдаленной перспективе создания научной методологии математического моделирования технических объектов в условиях априорной структурной неопределенности. Представляется, что наиболее важными в настоящее время являются два направления исследований: 1) разработка системы основных понятий и представлений научной методологии

структурной идентификации; 2) разработка, исследование и прикладная интерпретация методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур технического объекта.

Литература

1. Бахтадзе Н.Н., Гинсберг К.С., Боровских Л.П. Идентификация систем на пути создания общей теории идентификации объектов управления // Проблемы управления. 2015. №3. С. 79–83.
2. Генкин А.Л., Гинсберг К.С. К проблеме структурной идентификации для цели создания реальной системы автоматического управления с требуемыми свойствами // Вестник Череповецкого государственного университета. 2017. №6 (81). С. 19–24. DOI 10.23859/1994-0637-2017-6-81-2.
3. Прангишвили И.В., Лотоцкий В.А., Гинсберг К.С., Смолянинов В.В. Идентификация систем и задачи управления: на пути к современным системным методологиям // Проблемы управления. 2004. №4. С. 2–15.
4. 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.

References

1. Bakhtadze N.N., Ginsberg K.S., Borovskikh L.P. Identifikatsiia sistem na puti sozdaniia obshchei teorii identifikatsii ob"ektov upravleniia [System identification on the way to creation of general theory of control object identification]. *Problemy upravleniia* [Control sciences], 2015, no. 3, pp. 79–83.
2. Genkin A.L., Ginsberg K.S. K probleme strukturnoi identifikatsii dlia tseli sozdaniia real'noi sistemy avtomaticheskogo upravleniia s trebuemyimi svoistvami [To the problem of structure identification for the purpose of creation of real automatic control system with required properties]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Cherepovets State University Bulletin], 2017, no. 6 (81), pp. 19–24. DOI 10.23859/1994-0637-2017-6-81-2.
3. Prangishvili I.V., Lototsky V.A., Ginsberg K.S., Smolyaninov V.V. Identifikatsiia sistem i zadachi upravleniia: na puti k sovremennym sistemnym metodologiiam [System identification and control problems: on the way to modern system methodologies]. *Problemy upravleniia* [Control sciences], 2004, no. 4, pp. 2–15.
4. Salikhov Z.G., Ginsberg K.S. Issledovanie evoliutsii v oblasti identifikatsii matematicheskikh modelei metallurgicheskikh protsessov pri sozdanii real'nykh sistem avtomaticheskogo upravleniia [Investigation into the evolution of identification of metallurgical process mathematical models when creating real automatic control systems]. *Tsvetnye Metally* [Non-ferrous metals], 2016, no. 11, pp. 105–112. DOI: 10.17580/tsm.2016.11.11.

Для цитирования: 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.

For citation: Ginsberg K.S., Genkin A.L. On the structure identification scientific methodology foundations for the purpose of creation of real automatic control systems with required properties. *Bulletin of the Cherepovets State University*, 2018, no. 3 (84), pp. 24–30. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-3-84-3.