

Актуальные проблемы разработки научной методологии структурной идентификации и ее математического обеспечения

К.С. Гинсберг

Аннотация. Выделяется актуальная проблема рациональной организации структурной идентификации в составе инженерной практики создания систем автоматического управления. Выдвигаются ключевые гипотезы исследований в области разработки научной методологии структурной идентификации. Приводится обоснование необходимости и актуальности формирования междисциплинарных понятий научной методологии, раскрывается базисное содержание междисциплинарного понятия о рациональной структурной идентификации. Обсуждаются задачи разработки и исследования методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур технического объекта. Приводится краткий аналитический обзор исследований по этой проблеме.

Ключевые слова: технический объект, математическое моделирование, идентификация систем, структурная идентификация, методология, обзор.

Введение

Проблема рациональной организации структурной идентификации в составе инженерной практики создания САУ является одной из наиболее трудных и малоизученных проблем в области идентификации систем. Ее решение до сих пор не найдено, прежде всего, из-за отсутствия адекватных концептуальных моделей поведения коллектива разработчиков САУ как субъекта структурной идентификации и структурной идентификации и ее системного контекста как существенно взаимосвязанных подсистем инженерной практики и научного знания.

По-видимому, первое детальное исследование этой проблемы представлено в работе [1]. Однако данное исследование не получило дальнейшего развития. Отсутствие системного модельного описания реальных и возможных (с точки зрения инженерной практики) процессов структурной идентификации и ее системного контекста, трудности научного анализа содержания структурной идентификации, от-

сутствие адекватных моделей поведения ее субъекта на многие десятилетия практически остановили процесс изучения проблемы рациональной организации структурной идентификации для цели создания САУ.

Научный интерес к этой проблеме стал возрождаться сравнительно недавно, что в основном связано с новыми модельными представлениями о структурной идентификации и ее рациональной организации. В частности, существенную роль сыграли следующие идеи:

- не обязательно создавать именно психологические модели субъекта структурной идентификации;
- разработку моделей поведения для субъекта структурной идентификации следует осуществлять с позиций системного и функционального подходов к исследованию реальных систем;
- в первую очередь, необходимо разработать системно-функциональные модели поведения субъекта структурной идентификации [2];

– модели возможного поведения высокопрофессиональных коллективов разработчиков САУ в процессе структурной идентификации следует рассматривать как описание эталона поведения для других коллективов разработчиков САУ;

– методы выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур технического объекта можно разработать на основе постановки и решения математических задач статистического синтеза [2].

Под модельной структурой понимается семейство математических моделей технического объекта для создания САУ, параметризованное скалярным или векторным параметром с заданным множеством допустимых значений в евклидовом пространстве. Адекватной модельной структурой называется модельная структура, на основе которой коллектив разработчиков в процессе параметрической идентификации (нацеленной на выполнение требований заказчика САУ) может определить адекватную модель технического объекта. Под адекватной моделью технического объекта понимается математическая модель, имеющая такой уровень функционального подобия моделируемому объекту, при котором на ее основе можно создать САУ, удовлетворяющую требованиям заказчика.

Основываясь на новых модельных представлениях, можно выдвинуть три предположения о существенных свойствах структурной идентификации:

1) субъектом структурной идентификации является коллектив разработчиков САУ;

2) структурная идентификация является обязательной компонентой инженерной практики создания реальной САУ в условиях априорной структурной неопределенности;

3) структурную идентификацию нельзя вычлени из всей инженерной практики создания реальной САУ и рассматривать независимо, не потеряв при этом существенных для ее организации связей.

Эти три предположения рассматриваются в настоящей работе как ключевые гипотезы исследований по разработке научной методологии организации структурной идентификации для цели создания САУ (кратко, научной методологии структурной идентификации или еще короче – научной методологии). Для указанных

исследований центральный вопрос проблемы научной методологии формулируется следующим образом: какой должна быть научная методология структурной идентификации, чтобы, руководствуясь этой методологией, профессионально подготовленный коллектив разработчиков САУ мог организовать рациональный поиск адекватной модельной структуры произвольного технического объекта в условиях априорной структурной неопределенности об адекватной модельной структуре?

Относительно научной методологии предполагается, что эта методология, в первом приближении, представляет собой научно и экспериментально обоснованную детализированную системно-функциональную эталонную модель поведения субъекта структурной идентификации. Эталонной моделью называется модель «для подражания», которая содержит описание эталона поведения для субъекта структурной идентификации. В качестве эталона принимаются модели реального или возможного поведения высокопрофессиональных коллективов разработчиков САУ в процессе структурной идентификации. Указанной моделью состав научной методологии не ограничивается. В наиболее развитом виде она содержит следующие компоненты:

1) детализированную системно-функциональную эталонную модель поведения субъекта структурной идентификации;

2) вербально-графическую модель системного контекста структурной идентификации;

3) описание источников данных и знаний, с которыми субъект непосредственно или опосредованно взаимодействует в процессе подготовки и реализации структурной идентификации; в частности, это описание должно включать концептуальную модель объекта автоматизации, идеи, методы, модели и алгоритмы разработанного математического обеспечения структурной идентификации;

4) описание на понятийном уровне содержания существенных взаимодействий субъекта, системного контекста, технических и программных средств информационной поддержки, источников данных и знаний в процессе структурной идентификации.

Развитие научной методологии осуществляется главным образом путем детализации и со-

вершенствования системно-функциональной эталонной модели поведения субъекта структурной идентификации.

Данная работа структурирована следующим образом. Во Введении выделена актуальная проблема рациональной организации структурной идентификации в составе инженерной практики создания САУ. Выдвинуты ключевые гипотезы исследований в области разработки научной методологии структурной идентификации. Обоснована необходимость разработки детализированной системно-функциональной эталонной модели поведения субъекта структурной идентификации как основной компоненты научной методологии. Определен состав научной методологии. В разделе 1 обосновывается необходимость и актуальность формирования междисциплинарных понятий научной методологии. Раскрыто базисное содержание междисциплинарного понятия о рациональной структурной идентификации. В разделе 2 обсуждается проблема разработки и исследования методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур технического объекта. Приведен краткий аналитический обзор исследований по этой проблеме. В Заключение анализируются особенности современного этапа развития исследований по структурной идентификации. Обосновывается актуальность и необходимость развития междисциплинарных прикладных исследований по структурной идентификации для цели создания реальных САУ.

1. Проблема определения междисциплинарного понятия о рациональной структурной идентификации

Трудности с разработкой научной методологии вызваны, в частности, слабой разработанностью в настоящее время понятийных основ описания и решения проблемы рациональной организации структурной идентификации для цели создания САУ. Например, в подавляющем большинстве проведенных научных исследований по структурной идентификации отсутствует ее изучение как процесса практического познания, субъектом которого является коллектив разработчиков САУ. Здесь термин «практиче-

ское познание» употребляется в традиционном значении: «познание действительности в процессе общественной практики, т. е. трудовой деятельности и повседневной жизни» [3, с.74]. Практическое познание «осуществляется не ради самого знания, а для эффективного воздействия субъекта на объект» [4, с.298-299], оно не отделено от практики, а непосредственно включено в нее.

Точка зрения на структурную идентификацию как на процесс практического познания, субъектом которого является коллектив разработчиков САУ, до сих пор крайне редко встречается в научных исследованиях. И для этого есть веские основания. Реализация указанного взгляда в научном исследовании существенно усложняет мысленный образ структурной идентификации, осознаваемой исследователем как она есть, или должна быть на самом деле в рамках инженерной практики создания реальной САУ. Структурная идентификация в этом случае осознается исследователем как познавательный процесс, в котором человеческая деятельность субъекта познания связана с решением междисциплинарных проблем интерпретации, выбора и практического применения математических средств, оценки практической значимости и полезности результатов, полученных с помощью этих средств. А это означает, что ее научное изучение должно иметь междисциплинарный характер.

В данном разделе раскрыто базисное содержание междисциплинарного понятия «рациональная структурная идентификация технического объекта для цели создания реальной САУ» (кратко, понятие о рациональной структурной идентификации). Это содержание рассматривается как развитие идей работы [5] и как основа будущих исследований по рациональной структурной идентификации.

Понятие о рациональной структурной идентификации. Под рациональной структурной идентификацией технического объекта для цели создания реальной САУ понимается итерационный процесс, каждая итерация которого состоит из четырех стадий:

1) содержательная постановка проблемы построения адекватной модельной структуры (кратко, проблемы);

2) формирование наиболее предпочтительной гипотезы об адекватной модельной структуре, определение предполагаемого решения проблемы;

3) оценивание степени теоретической и практической обоснованности наиболее предпочтительной гипотезы об адекватной модельной структуре;

4) принятие решения о переходе к следующей итерации рациональной структурной идентификации или решения о начале параметрической идентификации технического объекта.

Формирование наиболее предпочтительной гипотезы об адекватной модельной структуре состоит из четырех этапов:

1) экспертный анализ причин отклонения гипотез об адекватной модельной структуре, исследованных в рамках системного контекста рациональной структурной идентификации до начала текущей итерации; целью экспертного анализа является разработка рекомендаций по выбору нового набора рабочих гипотез;

2) формирование 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) определение метода выбора наиболее предпочтительной гипотезы из заданного набора рабочих гипотез;

4) определение наиболее предпочтительной гипотезы в заданном наборе рабочих гипотез на основе знаний и экспериментальных данных о техническом объекте.

Оценивание степени теоретической и практической обоснованности наиболее предпочтительной гипотезы об адекватной модельной структуре состоит из двух этапов:

1) экспертная оценка функционального подобия предполагаемого решения проблемы и технического объекта;

2) экспертная оценка степени теоретической и практической обоснованности наиболее предпочтительной гипотезы об адекватной модельной структуре.

Субъектом рациональной структурной идентификации считается коллектив разработчиков САУ, который осуществляет практическое познание технического объекта как объекта управления; нацелен на отыскание адекватной модельной структуры и мотивирован на создание реальной САУ. Главный мотив деятельности субъекта – установка на создание реальной САУ, удовлетворяющей требованиям заказчика.

Представление о проблеме построения адекватной модельной структуры. Под проблемой построения адекватной модельной структуры понимается система знаний, которая состоит из условий и требований.

Условия содержат все знания субъекта рациональной структурной идентификации о структурной идентификации и ее системном контексте в рамках инженерной практики создания САУ и определенных областей научного знания. В содержании условий можно выделить шесть видов знаний:

- знание об объекте и задаче автоматизации;
- знание о методах и средствах построения и экспериментального исследования модельных структур технического объекта;
- знание о методах и средствах моделирования реальных объектов;
- знание о допустимых в реальности действиях и деятельности;
- знание о современных требованиях к описанию, объяснению и обоснованию познавательных действий и деятельности;
- знание субъекта структурной идентификации о собственных интеллектуальных возможностях и об отношении к реальности имеющихся у него знаний.

Среди знаний о допустимых действиях и деятельности наиболее значимыми являются эмпирическое знание о реализованных в рамках инженерной практики структурных идентификациях, научное знание о возможных в определенных условиях структурных идентификациях, индивидуальный опыт практической деятельности.

Требования содержат все знания субъекта рациональной структурной идентификации о желаемом, приемлемом и «возможном» решении проблемы построения адекватной модельной структуры (кратко, проблемы).

Для определенности (в понимании связи между решением проблемы и гипотезой о решении проблемы) будем полагать, что центральное положение любой гипотезы об адекватной модельной структуре имеет следующую логическую форму: «Предполагается, что модельная структура S является адекватной модельной структурой объекта автоматизации», где буквой S обозначено точное математическое описание модельной структуры. Описание S будем кратко характеризовать как модельную структуру, которая содержится в гипотезе в качестве гипотетического знания об адекватной модельной структуре.

Желаемым решением проблемы считается адекватная модельная структура. Предполагаемым решением проблемы называется модельная структура, которая содержится в качестве гипотетического знания в наиболее предпочтительной гипотезе об адекватной модельной структуре. Указанная гипотеза формируется на второй стадии текущей итерации рациональной структурной идентификации и кратко называется наиболее предпочтительной гипотезой.

Приемлемым решением проблемы называется модельная структура, которая содержится в качестве гипотетического знания в наиболее предпочтительной гипотезе, имеющей по результатам ее испытаний в системном контексте рациональной структурной идентификации достаточное, с точки зрения разработчиков САУ, подтверждение для начала ее практического применения. Особенно значимыми и необходимыми являются подтверждения, полученные в опытной эксплуатации пробного варианта САУ, спроектированного на основе использования предполагаемого решения проблемы. Под практическим применением понимается, как минимум, использование гипотезы для разработки окончательного варианта технического задания на создание САУ.

«Возможным» решением проблемы называется модельная структура, которая содержится в качестве гипотетического знания в наиболее предпочтительной гипотезе, имеющей 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 перспективность гипотезы, является веским основанием для организации ее дополнительных испытаний в системном контексте рациональной структурной идентификации с целью оценки возможности гипотезы содержать приемлемое решение проблемы.

В содержании требований можно выделить три вида знаний:

- знание цели решения проблемы, т. е. знание признаков желаемого решения проблемы;
- знание признаков приемлемого решения проблемы;
- знание признаков «возможного» решения проблемы.

Предполагаемое решение проблемы, даже если оно при наличии достаточного подтверждения интерпретируется как приемлемое решение, может быть точным описанием адекватной модельной структуры, а может и отличаться от этой структуры. Исторический опыт инженерной практики свидетельствует в пользу гипотезы о способности высокопрофессиональных коллективов разработчиков САУ интуитивно находить адекватные модельные структуры в условиях априорной структурной неопределенности.

Предполагаемое решение проблемы, которое по результатам испытаний в системном контексте рациональной структурной идентификации не может быть интерпретировано в качестве приемлемого решения считается не соответствующей требованиям проблемы. В этом случае принимается решение о начале следующей итерации рациональной структурной идентификации, в которой на первой стадии осуществляется содержательная постановка новой проблемы построения адекватной модельной структуры. Аналогичные действия осуществляются и в том случае, когда предполагаемое решение проблемы по результатам исследований на третьей стадии текущей итерации рациональной структурной идентификации не может быть интерпретировано как «возможное» решение. Процесс содержательной постановки новой проблемы, формирование наиболее предпочтительной гипотезы и ее испытания в системном контексте рациональной структурной идентификации продолжают до тех пор, пока не будет найдена гипотеза об адек-

ватной модельной структуре, которая имеет достаточное подтверждение для начала ее использования при разработке окончательного варианта технического задания на создание САУ.

Из вышеизложенного следует, что рациональная структурная идентификация, образно говоря, выполняет функцию «генератора» гипотез об адекватной модельной структуре, а ее системный контекст осуществляет функцию «испытательно-го полигона» для испытания гипотез и экспертной оценки степени их теоретической и практической обоснованности. Однако проверка гипотез не единственная его функция, если под системным контекстом понимать не только процессы инженерной практики создания САУ, но и некоторые области научного знания, имеющие непосредственное отношение к методам и средствам организации рациональной структурной идентификации. Понимаемый в указанном смысле системный контекст выполняет еще функцию «источника» методов и средств порождения и оценки гипотез.

2. Проблема разработки и исследования методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры

Реализация структурных идентификаций на основе изложенных принципов требует разработки специального понятийного, методологического и математического обеспечения. В настоящее время это обеспечение практически отсутствует. Что касается специального математического обеспечения в целом, то его создание на основе математических аппаратов различных научных дисциплин и математических результатов идентификации систем требует проведения длительных научных исследований. Представляется, что в первую очередь следует развить и адаптировать к потребностям структурной идентификации математические результаты и идеи, созданные в области разработки методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур. Необходимость и актуальность решения этой проблемы связана с реализацией четверного этапа второй стадии текущей итерации рациональной структурной идентификации.

В данном разделе приводится краткий аналитический обзор исследований по проблеме создания методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур. При изложении этого обзора будем указывать только фамилии и инициалы авторов исследования, а также год публикации. Полная ссылка на данное исследование приведена в списке литературы работы [2].

Конкретное время начала исследований по проблеме создания методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры трудно установить. Известно, что в период с 1937 по 1969 гг. опубликованы четыре книги, которые содержат разделы, посвященные данной проблеме. Авторы книг – Snedecor G.W. (1937); Williams E.J. (1959); Plackett R.L. (1960); Снедекор Дж. У. (1961).

В период с 1966 по 1968 гг. появляются обзоры, в которых имеются ссылки на работы по этой проблеме. Авторами обзоров являются Маслов Е.П. и Оссовский Л.М. (1966); Райбман Н.С. и Ханш О.Ф. (1967); Александров Н.М. и Дейч А.М. (1968).

Однако широкое исследование проблемы началось только в рамках научной дисциплины «идентификация систем». В 70-х гг. XX века разделы, посвященные проблеме создания методов выбора, имеются уже в 10 книгах и 8 обзорах.

Авторы книг – Ивахненко А.Г. (1971); Бокс Дж., Дженкис Г. (1974); Райбман Н.С., Чадеев В.М. (1975); Эйкхофф П. (1975); Ивахненко А.Г. (1975); Андерсон Т. (1976); Кендалл М.Дж., Стюарт А. (1976); Хартман К., Лецкий Э.И., Шеффер В. (1977); Вапник В.Н. (1979); Виленкин С.Я. (1979).

Авторы обзоров – Astrom K.J., Eukhoff P. (1970); Astrom K.J., Eukhoff P. (1971); Поулис М.П., Гудсон Р.Е. (1976); Vox G.E.P. (1976); Hocking R.R. (1976); Райбман Н.С. (1976); Малолеткин Г.Н., Мельников Н.Н., Ланин В.М. (1977); Налимов В.В., Голикова Т.И. (1977).

Особенно активно разработка методов выбора ведется в 80-е годы XX века. Проведенные в этот период исследования изложены в 25 книгах и 16 обзорах.

Авторы книг – Саридис Дж. (1980); Себер Д. (1980); Райбман Н.С. и др. (1981); Демиденко Е.З. (1981); Афифи А., Эйзен С. (1982); Ивах-

ненко А.Г. (1982); Мостеллер Ф., Тьюки Дж. (1982); Перельман И.И. (1982); Капустинская А., Немура А. (1983); Кашьяп Р.Л., Рао А.Р. (1983); Райбман Н.С. и др. (1983); Вапник В.Н. и др. (1984); Коненко И.В., Сиренко А.Н. (1984); Неуймин Я.Г. (1984); Эйкхофф П. и др. (1984); Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. (1985); Энслейн К., Рэлстон Э., Уилф Г.С. и др. (1986); Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. (1987); Берман Л.Б. и др. (1987); Дрейпер Н., Смит Г. (1988); Эфрон Б. (1988); Мэйндоналд Дж. (1988); Плюта В. (1989); Айвазян С.А. и др. (1989); Кампель Ф., Рончетти Э., Рауссеу П., Штаэль В. (1989).

Авторы обзоров – Astrom K.J. (1980); Fasel K.H., Jörgl H.P. (1980); Isermann R. (1980); Ломов Б.Ф. (1981); Козубовский С.Ф., Юрачковский Ю.П. (1981); Райбман Н.С., Богданов В.О., Кнеллер Д.В. (1982); Перельман И.И. (1983); Hocking R.R. (1983); Бокс Дж.Е.П. (1984); Eukhoff P. (1984); Айвазян С.А. (1985); Степашко В.С., Кочерга Ю.А. (1985); Степашко В.С., Юрачковский Ю.П. (1986); Перельман И.И. (1987); Эйкхофф П. (1987); Конева Е.С. (1988).

Начиная с 90-х гг. XX века, интенсивность публикаций по данной проблеме заметно снижается. С 1990 по 2011 гг. опубликованы 5 книг и 9 обзоров. Авторами книг являются Льюнг Л. (1991); Безручко Б.П., Смирнов Д.А. (2005); Канивец К.И., Михайлов А.А. (2007); Карабутов Н.Н. (2009); Карабутов Н.Н. (2011).

Авторы обзоров – Haber R., Unbehaven H. (1990); Лотоцкий В.А. (1991); Перельман И.И. (1991); Перельман И.И. (1995); Прангишвили И.В., Лотоцкий В.А., Гинсберг К.С. (2001); Прангишвили И.В., Лотоцкий В.А., Гинсберг К.С., Смолянинов В.В. (2004); Ljung L. (2008); Гинсберг К.С. (2009); Гинсберг К.С. (2009).

Анализ содержания этих работ показывает, что в их составе практически полностью отсутствуют детальные численные исследования конкретных алгоритмов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры, созданных на основе разработанных методов выбора. Данный факт может быть объяснен наличием существенных проблем, возникающих при постановке цели численного исследования, определении условий и требований решаемой вычислительной задачи, создании прикладной

интерпретации результатов численного исследования. Представляется, что указанные проблемы возникают из-за того, что в традиционном содержании научных исследований по структурной идентификации практически полностью отсутствуют описания ее системного контекста, инженерной практики, в рамках которой она реализуется, интеллектуальной деятельности коллектива разработчиков. Иными словами, в традиционном содержании исследований практически полностью отсутствуют конкретные представления о возможных условиях практического применения методов выбора, на основе которых можно разработать постановку задачи численного исследования и осуществить прикладную интерпретацию полученных численных результатов. Полагается, что включение указанных конкретных представлений в содержание научных работ по структурной идентификации позволит существенно упростить решение проблемы организации численных исследований.

В настоящее время имеется большое число обзоров, в которых приведено описание существующих подходов к созданию методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры. На основе этих обзоров можно сделать вывод, что одним из направлений научных исследований является поиск теоретического показателя, наиболее полно характеризующего качество построенной математической модели технического объекта. Обзор предложенных теоретических показателей, на основе которых, в идеале, должен формироваться метод выбора наиболее предпочтительной модельной структуры при построении регрессионной модели технического объекта, приведен в работе И.И. Перельмана [6]. Относительно предложенных теоретических показателей в этой работе отмечается: «Хотя критерии (показатели качества построенной математической модели) типа (31) и (32) весьма привлекательны, в смысле полноты отражения качества конструируемого ОПВР (оператора прогнозирования выходной реакции объекта управления), возможности их непосредственного применения ограничены тем, что для их вычисления требуется задание неизвестных характеристик объекта и характеристик ненаблюдаемых возмущений. Известен ряд

подходов, направленных на обход указанных трудностей» [6, с.17].

Все известные в настоящее время подходы, направленные на обход указанных И.И. Перельманом трудностей, по сути дела предлагают одно и то же: заменить непосредственно не вычисляемый теоретический показатель качества построенной математической модели его эмпирической оценкой. Эта оценка интерпретируется как эмпирический показатель качества построенной математической модели. Различие в подходах состоит только в том, как конструируется эмпирическая оценка. Например, в классическом методе Маллоуса [7] наиболее предпочтительная модельная структура находится на основе минимизации эмпирической оценки, которая является несмещенной оценкой определенного теоретического показателя. В классическом методе Вапника [8] эта модельная структура определяется на основе минимизации эмпирической оценки, которая является правым концом доверительного интервала другого теоретического показателя.

Эмпирическая оценка теоретического показателя традиционно конструируется таким образом, чтобы каждое ее значение зависело от определенной модельной структуры, которая может быть использована при построении математической модели технического объекта. Поэтому наиболее предпочтительная модельная структура находится путем минимизации или максимизации эмпирической оценки как ее определенная точка экстремума. На основе идеи перехода от непосредственно не вычисляемого теоретического показателя к его эмпирической оценке разработано большое число методов выбора. Если еще учесть методы, созданные на основе применения процедур проверки гипотез, идеи перепроверки, то можно представить, какое число методов выбора накоплено в научных исследованиях по структурной идентификации. К сожалению, относительно свойств разработанных методов в реальных и модельных ситуациях мало что известно из-за практически полного отсутствия аналитических и численных исследований, созданных на основе этих методов конкретных алгоритмов выбора. Более того, в настоящее время отсутствует общепризнанный теоретиче-

ский показатель, характеризующий качество конкретного алгоритма выбора наиболее приемлемой модельной структуры, с помощью которого можно сравнить разработанные алгоритмы и выбрать наилучший.

Заключение

Имеется глубокая аналогия между базисными проблемами коллектива разработчиков САУ и исследователей проблем построения научной методологии структурной идентификации. Например, для создания САУ, удовлетворяющей требованиям заказчика, необходимо иметь адекватную математическую модель объекта автоматизации. Аналогично, для создания научной методологии, обеспечивающей требуемую степень информационной поддержки субъектов рациональных структурных идентификаций, необходимо иметь адекватные модели проблем субъектов, их возможного поведения и среды, в которой они действуют. И в обоих указанных случаях актуален вопрос: как эти адекватные модели получить? Его актуальность, в частности, вызвана тем, что только сравнительно недавно стали появляться научные исследования, нацеленные на построение системно-функциональных эталонных моделей поведения субъекта структурной идентификации в составе инженерной практики создания САУ, в которых структурная идентификация рассматривается как системный объект, а коллектив разработчиков САУ – как субъект процесса идентификации. Эти работы по концептуальному видению процессов структурной идентификации, исследуемым научным проблемам, нацеленности на разработку методов поиска адекватной модельной структуры технического объекта; использованию результатов различных научных дисциплин – принципиально отличаются от традиционных научных исследований по структурной идентификации.

В традиционных исследованиях, как это следует из содержания настоящей работы, в основном, обсуждаются проблемы разработки методов выбора наиболее предпочтительной модельной структуры из заданного набора модельных структур. Исследования в традиционном направлении начались в конце 30-х годов

XX, особенно интенсивно велись в 70-80-е гг. и продолжают до настоящего времени. В результате подавляющее большинство имеющихся сейчас публикаций по структурной идентификации относятся к традиционному направлению исследований.

Истоком нового направления исследований в области структурной идентификации, несомненно, являются работы [1; 9-14]. Однако эти работы в совокупности создают только интеллектуальные основания для начала междисциплинарных прикладных исследований проблемы рациональной организации структурной идентификации на предпроектных стадиях создания САУ. Научный интерес к изучению этой трудной практической проблемы, проявившийся сравнительно недавно, является знаковым событием для исследований в области структурной идентификации. Он свидетельствует о том, что достигнутый с помощью научных исследований уровень знаний по структурной идентификации позволяет перейти к междисциплинарным прикладным исследованиям трудных практических проблем предпроектных стадий и этапов проектирования новой техники, для решения которых необходимо осуществлять структурную идентификацию. Представляется, что в современных условиях, когда весьма желательна ускоренная модернизация производства и быстрый ввод в эксплуатацию новых технологических процессов, в науке и инженерной практике следует разрабатывать только общие процедуры построения САУ, включающие методы рациональной организации структурной идентификации. Понимание этого ясно выражено в научных работах, имеющих прикладную направленность. Например, в работе [1] уже во введении излагается концепция проектирования систем управления технологическими процессами, учитывающая необходимость проведения структурной идентификации.

Гинсберг Константин Симонович. Старший научный сотрудник ИПУ РАН им. В. А. Трапезникова. Окончил МИФИ в 1967 году. Кандидат технических наук, доцент. Количество печатных работ: 115, в том числе 1 монография. Область научных интересов: математическое моделирование, идентификация систем, теория автоматического управления, системный анализ, методология научного исследования, методология практической деятельности, информационные технологии. E-mail: ginsberg@mail.ru

Литература

1. Ротач В.Я и др. Автоматизация настройки систем управления. М.: Энергоатомиздат, 1984. 272 с.
2. Гинсберг К.С. Концепция научного проектирования инженерного моделирования для слабо изученных объектов управления: новый подход к проблемам структурной идентификации [Электронный ресурс] // Труды IX Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '12. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2012. 1 CD-ROM. С. 802-828.
3. Жеребило Т.В. Словарь лингвистических терминов. Назрань: ООО «Пилигрим», 2010. 486 с.
4. Философия и методология познания / под общ. и науч. ред. В.Л. Обухова, Ю.Н. Солонина, В.П. Сальникова и В.В. Васильковой. СПб: Фонд поддержки науки и образования в области правоохранительной деятельности «Университет», 2003. 560 с.
5. Гинсберг К.С. К проблеме разработки методологии структурной идентификации для проектирования систем автоматического управления // Информационные технологии и вычислительные системы. 2016. № 4. С. 44-52.
6. Perel'man I.I. Methodology of selecting the model structure for plant identification // Automation and Remote Control. 1983. Vol. 44. No. 11. Part 1. P. 1389-1408.
7. Mallows C.L. Some comments of C_p // Technometrics. 1973. Vol. 15. No. 4. P. 661-675.
8. Вапник В.Н. и др. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей / под ред. В.Н. Вапника. М: Наука, 1984. 816 с.
9. 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.
10. 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.
11. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства. М.: Энергия, 1975. 376 с.
12. Анисимов С.А. и др. Основы управления технологическими процессами / под ред. Н.С. Райбмана. М.: Наука, 1978. 440 с.
13. Лjung Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Пер. с англ. – М.: Наука, 1991. 432 с. (Ljung L. System Identification: Theory the User. – New Jersey: Prentice Hall, 1987. 519 p.).
14. Ginsberg K.S. System Laws and Identification Theory // Automation and Remote Control. 2002. Vol. 63. No. 5. P. 838-849.

Topical issues on structure identification scientific methodology development and its mathematical support

K. S. Ginsberg

The Introduction highlights the topical problem of structure identification streamlining as a part of technical practice of automatic control systems development. Key hypotheses for research of structure identification scientific methodology development are suggested. Justification of development of detailed system-functional reference model of structure identification subject behavior as the basis for scientific methodology is considered. The architecture of scientific methodology is defined. Section 1 contains justification of necessity and urgency of formation of scientific methodology interdisciplinary notions. The basic content of interdisciplinary notion about rational structure identification is revealed. Section 2 discusses a problem of development and research of methods of choice of the most preferable model structure from the given set of model structures. A brief analytical review of the researches on this problem is presented. Conclusion contains information about modern stage of structure identification development research. In addition justification of structure identification interdisciplinary applied researches for the purpose of creation of practical automatic control systems is considered.

Keywords: technical object, mathematical modeling, system identification, structure identification, methodology, review.

References

1. Rotach, V.Ja., V.F. Kuzishhin, A.S. Kljuev, S.I. Lejkin, and V.K. Jarygin. 1984. Avtomatizacija nastrojki sistem upravlenija [Automation of adjustment of control systems]. Moscow: Jenergoatomizdat Pubs. 272 p.
2. Ginsberg, K.S. 2012. Koncepcija nauchnogo proektirovanija inzhenernogo modelirovanija dlja slabo izuchennyh ob#ektov upravlenija: novyj podhod k problemam strukturnoj identifikacii [A conception of scientific design of engineering modeling for mildly studied control plants: a new approach to structure identification problems]. Trudy IX Mezhdunarodnoj konferencii "Identifikacija sistem i zadachi upravlenija" SICPRO '12 [IXth Conference (International) "System Identification and Control Problems" SICPRO '12 Proceedings]. Moscow. 1 CD-ROM. 802–828.
3. Zherebilo, T.V. 2010. Slovar' lingvisticheskih terminov [The dictionary of linguistic terms]. Nazran: OOO «Pilgrim» Pubs. 486 p.
4. Obuhov, V.L., Ju.N. Solonin, V.P. Sal'nikov, and V.V. Vasil'kova, eds. 2003. Filosofija i metodologija poznanija [Philosophy and methodology of knowledge]. Saint Petersburg: Fond podderzhki nauki i obrazovanija v oblasti pravoohranitel'noj dejatel'nosti «Universitet» Pubs. 560 p.
5. Ginsberg, K.S. 2016. K probleme razrabotki metodologii strukturnoj identifikacii dlja proektirovanija sistem avtomaticheskogo upravlenija [To the problem of development of methodology of structure identification for designing of automatic control systems]. Informacionnye tehnologii i vychislitel'nye sistemy [Information Technologies and Computing Systems] 4:44–52.
6. Perel'man, I.I. 1983. Methodology of selecting the model structure for plant identification Automation and Remote Control. 44(11):1389–1408.
7. Mallows, C.L. 1973. Some comments of .Technometrics. 15(4):661–675.
8. Vapnik, V.N., T.G. Glazkova, V.A. Koshheev, A.I. Mihal'skij, and A.Ja. Chervonenkis. 1984. Algoritmy i programmy voss-tanovlenija zavisimostej [Algorithms and programs of restoration of dependences]. Moscow: Science Pubs. 816 p.
9. Prangishvili, I.V., V.A. Lotockij, K.S. Ginsberg, and V.V. Smoljaninov. 2004. Identifikacija sistem i zadachi upravlenija: na puti k sovremennym sistemnym metodologijam [System identification and control problems: on the way to modern system methodologies]. Problemy upravlenija [Sontrol Sciences] 4:2–15.
10. Eykhoff, P. 1984. Identification Theory: Practical Implications and Limitations. Proceeding of the 4th IMEKO Symposium on Measurement and Estimation. Bressanone (Brixen). VI-XVI.
11. Rajbman, N.S., and V.M. Chadeev. 1975. Postroenie modelej processov proizvodstva [Models construction of production processes]. Moscow: Energy Pubs. 376 p.
12. Anisimov, S.A., V.N. Dyn'kin, A.D. Kasavin, V.A. Lotockij, N.S. Rajbman, and V.M. Chadeev. 1978. Osnovy upravlenija tehnologicheskimi processami [Bases of control of technological processes]. Moscow: Science Pubs. 440 p.
13. Ljung, L. 1987. System Identification: Theory the User. N. J.: Prentice Hall. 519 p.
14. Ginsberg, K.S. System Laws and Identification Theory. Automation and Remote Control. 2002. 63(5):838-849.

Ginsberg Konstantin Simonovich. Senior Researcher in V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow. Graduated in 1967 Moscow Engineering Physics Institute (MEPhI). The modern name - the National Research Nuclear University "MEPh". Ph.D of Engineering Sciences. Associate Professor. The number of publications: 115, including 1 monograph. Research interests: mathematical modeling, system identification, automatic control theory, system analysis, methodology of scientific research, methodology of practical activity, automated design. E-mail: ginsberg@mail.ru