

УДК 65.011.56

МЕСТО И РОЛЬ ОБОБЩЕННОГО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ОБЩЕЙ СТРУКТУРЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ОТРАСЛИ СИСТЕМНЫХ ЗНАНИЙ

В.Н. Калинин

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского
197198 Россия, Санкт-Петербург, Ждановская ул., 13
E-mail: kvn.112@mail.ru

Б.В. Соколов

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский Центр РАН
Россия, 199178, Санкт-Петербург, 14 линия, 39
E-mail: sokolov_boris@inbox.ru

Ключевые слова: общая теория систем, сложный объект, кибернетика, информатика, искусственный интеллект, системный подход и системный анализ, слабо структурированные проблемы.

Аннотация: В докладе предложено дальнейшее развитие содержания понятия «междисциплинарная отрасль системных знаний» (МОСЗ) и проводится краткий обзор результатов, полученных в этой отрасли, а также определяется место и роль обобщенного системного анализа в решении одной из центральных управленческих проблем XXI века, а именно проблемы управления сложностью. Высказывается идея о том, что в настоящее время речь должна идти об обобщенном системном анализе (ОСА — системном анализе в широком смысле), который сочетает в себе использование неформальных и формальных методов анализа и синтеза, что согласуется с требованиями принципа системности. Это сочетание достигается использованием в ОСА таких системных теорий, как *неформальный системный анализ и прогностика, теория выбора и принятия решений, теория сложных систем и многомодельных исследований, теория больших систем.*

1. Введение

Анализ современного состояния фундаментальных и прикладных научных работ в области решения проблем управления сложными объектами (СЛО) показал, что время реакции и адаптации теоретических исследований в указанной области на те перемены, которые вызваны научно-техническим прогрессом, значительно превышает интервал между его очередными изменениями. Все это требует проведения упреждающих междисциплинарных исследований, основанных на прогнозировании возможных проблем в конкретной предметной области и разработке соответствующих методологических и методических основ их решения.

Для этого целесообразно использовать фундаментальные и прикладные научные результаты, полученные к настоящему времени в междисциплинарной отрасли системных знаний (МОСЗ) [1-3].

В докладе проводится краткий обзор указанных результатов, а также определяется место и роль обобщенного системного анализа в решении одной из центральных управленческих проблем XXI века, а именно проблемы управления сложностью [1-5].

2. Междисциплинарная отрасль системных знаний и обобщенный системный анализ

Комплексный характер проблем, связанных с созданием, применением и модернизации сложных организационно-технических систем потребовал развития соответствующих фундаментальных и прикладных теорий, которые в последнее десятилетие образовали ядро МОСЗ [1-3]. Общая структура МОСЗ представлена на рис. 1.

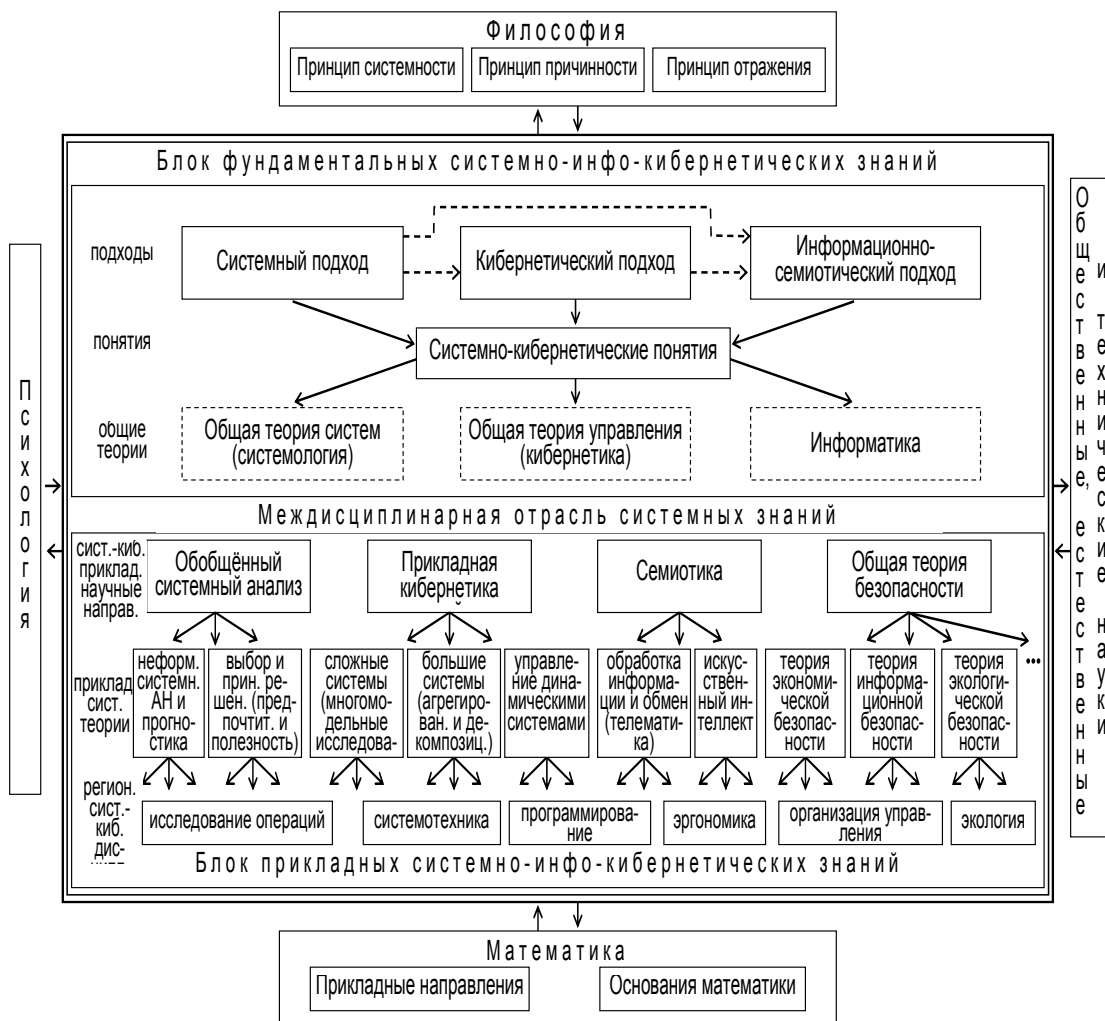


Рис. 1. Общая структура междисциплинарной отрасли системных знаний.

Возникновение МОСЗ является велением времени, так как на данном этапе развития науки (этапе интеграции научных знаний) на передний план в развитии научных знаний выступает методология, требующая сочетания (единства) процессов анализа и синтеза при изучении свойств сложных объектов (СЛО) и процессов (СлП) как целостных образований, состоящих из взаимосвязанных частей и обладающих качественно новыми свойствами по сравнению со свойствами этих частей. Ранее в работах [1-3] было показано, что, говоря о МОСЗ, целесообразно в ней выделить два больших раздела (блока) — блок фундаментальных системно-инфо-кибернетических знаний и блок прикладных системно-инфо-кибернетических знаний. В первом из перечисленных блоков определяющую роль играют три научных направления — *общая*

теория систем (системология), кибернетика (неокибернетика) и информатика (включая и искусственный интеллект). При этом в настоящее время речь должна идти не о взаимном поглощении, а о взаимном дополнении, концептуальном и идейном взаимообогащении, гармоничном и согласованном развитии перечисленных междисциплинарных наук.

Кратко охарактеризуем данные научные направления. *Общая теория систем (системология)* — это научное направление, ставящее перед собой задачу построить общие научные основы для систем любой природы. Центральными понятиями общей теории систем являются понятие открытой системы, т.е. системы, взаимодействующей с окружающей ее средой, и понятия сложная и большая системы. Математические основы общей теории систем достаточно обоснованно можно рассматривать как определенную интерпретацию оснований математики, главным образом теории отношений (понятие отношения является основополагающим как в математике, так и в системных исследованиях), теории математических структур и теории категорий и функторов [3]. Однако за исключением ряда признанных общих положений в целом пока еще отсутствует единое понимание того, в каком виде должна быть представлена данная теория.

Говоря об *общей теории управления (кибернетике и в настоящее время – кибернетике 2.0 (неокибернетике))* следует указать, что изначально основоположником кибернетики Н. Винером в 1948 г. в книге «Кибернетика или управление и связь в животном и машине», подчеркивалось, что данная наука является наукой об управлении, связи и переработке информации в системах любой природы [3-5]. Классическая кибернетика свела все ранее существовавшие взгляды на процессы управления в единую систему и доказала ее полноту и всеобщность. Другими словами, она предметно продемонстрировала повышенную мощность системного подхода к решению проблем управления объектами любой природы [5-6]. Наиболее разработанным направлением в кибернетике явилась теория управления динамическими техническими системами, в рамках которой были получены многочисленные выдающиеся фундаментальные и прикладные научные результаты отечественными и зарубежными специалистами [1-8].

Новый всплеск интереса в мире к кибернетике на рубеже XX–XXI веков обусловлен, во-первых, все более усиливающейся в различных предметных областях проблемы сложности и, во-вторых, в повсеместно проявляющихся недостатках практического применения холистического или, по-другому, системного мышления в ИТ индустрии [5-8]. Решение проблем управления сложными объектами (problem of complexity control and management) требует проведения междисциплинарных исследований с привлечением специалистов разных специальностей: экономистов, биологов, физиков, математиков, специалистов в области компьютерных технологий и др. При этом в ряде работ [5-6] подчеркивается глубокая общность биологических объектов и современных информационных систем из-за их сетевой организации.

Разрабатываемые в настоящее время архитектуры, ориентированные на сервисы и базирующиеся на концепции виртуализации своих компонент, создают материальную основу для синтеза принципиально новых систем, которые по своим свойствам будут приближаться к свойствам живых организмов.

Информатика как научное направление, связано с разработкой методов и средств сбора, хранения, передачи, представления, обработки и защиты информации. Говоря о процессах взаимодействия кибернетики с информатикой следует отметить, во-первых, то, что последняя исторически развивалась в значительной мере в недрах традиционной кибернетики, фактически на единой технической базе — вычислительной технике и средствах связи и передачи данных, и, во-вторых,

кибернетика, являясь наукой об общих законах и закономерностях управления и связи, объективно была вынуждена заниматься вопросами использования информации в интересах управления.

В последние годы отмечается второй виток сближения кибернетики и информатики. Происходит активное терминологическое и содержательное взаимопроникновение этих научных направлений. Так методы, технологии и средства, разрабатываемые в недрах информатики, активно внедряются в кибернетику в рамках таких новых научных направлений как: информационное управление, различные виды интеллектуального управления (ситуационное, нейроуправление, управление, основанное на знаниях, на основе эволюционных алгоритмов, многоагентное управление и т. д). Данные виды интеллектуального управления базируются, в свою очередь, на соответствующих интеллектуальных информационных технологиях, ориентированных на символьную обработку информации. В свою очередь кибернетическая терминология проникает в информатику и вычислительную технику.

Взаимодействие кибернетики (неокибернетики) и информатики с общей теорией систем осуществляется по нескольким направлениям. Одно из этих направлений непосредственно связано с обобщенным описанием объектов и субъектов управления на основе новых формальных подходов, разрабатываемых в современной системологии, к числу которых можно, например, отнести структурно-математический и категориально-функторный подходы [3-5].

В кибернетике и информатике также широко используются методы и алгоритмы декомпозиции (композиции), агрегирования (деагрегирования), и координации, разрабатываемые в общей теории систем применительно к объектам любой природы. С другой стороны, подходы, разработанные в классической теории управления и в современной информатике можно успешно применять при организации процессов управления качеством моделей и полимодельных комплексов, а также при их структурной и параметрической адаптации.

3. Место и роль обобщенного системного анализа

Говоря о *системном анализе (СА)* следует подчеркнуть, что ни один термин междисциплинарных системных наук вероятно не связан со столь большим числом разнообразных, иногда прямо противоположных толкований, как СА. Изучение различных определений СА показывает, что трактовка его как отдельного междисциплинарного направления возможна при следующем условии. Полагают, что его предметом является не вообще анализ систем, а лишь анализ принятия организационных решений относительно сложных (больших) систем или организационного управления этими системами в условиях существенной неопределенности. Из числа сравнительно удачных определений СА, приближающихся к такой трактовке, приведем определение, данное Э. Квейдом применительно к военным проблемам: «Системный анализ относится к формальным исследованиям, цель которых дать лицам, принимающим решения, рекомендации по выбору политики, в том числе в таких вопросах, как разработка нового оружия, планирование уровня вооруженных сил или определение стратегических целей. СА представляет собой подход или способ рассмотрений сложных проблем в условиях неопределенности» [7].

Иногда задают вопрос, почему речь идет именно об анализе, ведь анализ в качестве основной процедуры предусматривает расчленение целого на части, исследование по частям. В то же время системный подход как методологическая основа СА включает в качестве обязательной составной части элементы синтеза. Причина состоит, во-первых, в том, что, хотя название «системный анализ» и укоренилось, оно является неудачным,

поскольку не в полной степени отражает задачи, решаемые данным направлением, во-вторых, на первом этапе своего исторического развития СА действительно применялся в основном в интересах проведения предварительного анализа в сложных организационных и управленческих задачах с использованием в основном логико-эвристических методов. При этом в начале становления СА его методологические и методические основы ассоциировались с подходами, разрабатываемыми в исследовательской и нормативной прогностике [3, 4]. Однако по мере все большего усложнения создаваемых и проектируемых СЛО и развития МОСЗ в предмет СА стали включать и формально-математический аппарат, ориентированный, прежде всего, на разработку и реализацию технологий и средств, обеспечивающих организацию и проведение комплексного моделирования и исследования свойств указанных сложных объектов. В конечном итоге это привело к тому, что в настоящее время речь должна идти об обобщенном системном анализе (ОСА — системном анализе в широком смысле).

Приведем в качестве примера ряд расширенных формулировок системного анализа. СА является областью деятельности, направленной на выявление причин сложностей, возникших перед «обладателем проблемы» (конкретная организация, учреждение, предприятие, коллектив или индивид), и на выработку вариантов их устранения [9]; СА в современном понимании – это синтез идей и принципов общей теории систем, кибернетики с возможностями современной вычислительной техники, и имеет своим предметом изучение и моделирование объектов сложной природы (систем) [10]; СА называется одно из основных направлений реализации системного подхода, в рамках которого рассматриваются исследовательские и управленческие проблемы, связанные с обоснованием и принятием решений в области экономики, политики, военного дела, техники.

Это направление существенно учитывает факторы неопределенности и опирается как на соответствующим образом развитый формально-математический аппарат, так и на неформальные методы эвристического характера [3, 11]. В представленных определениях речь идет об обобщенном системном анализе, т.е. о СА в широком смысле, главными признаками которого является глубокое сочетание неформальных и формальных методов исследования, использование целевой концепции, системное развитие теории выбора и принятия решений. СА в его современном виде используется как для решения стратегических (крупномасштабных) задач, так и для решения задач тактического характера.

Таким образом, в СА понятия сложной и большой системы являются базовыми (являются объектом исследования), а разработка неформальных и формальных методов, алгоритмов и методик описания, анализа и синтеза сложных и больших систем с привлечением моделей разнообразных типов (полимодельное описание) основным предметом исследований. В современных условиях ОСА сочетает в себе использование неформальных и формальных методов анализа и синтеза, что согласуется с сформулированными выше требованиями принципа системности. Это сочетание достигается использованием в ОСА таких указанных на рис. 1 системных теорий, как *неформальный системный анализ и прогностика* (эти направления включают главным образом процедуры эвристического характера, базирующиеся на накопленном человечеством опыте), *теория выбора и принятия решений* (данная теория в качестве составной части содержит так называемую теорию предпочтений и полезности, ставящую задачу выявления предпочтительности, полезности того или иного решения), *теория сложных систем и многомодельных исследований*, включая исследования таких феноменов, как катастрофы, самоорганизация и др.), *теория больших систем* (агрегирование и декомпозиция), *теория управления и информатика*.

В докладе и соответствующей презентации будут более подробно раскрыты механизмы взаимовлияния перечисленных системных теорий и системного анализа [3, 11-13].

4. Заключение

В докладе показано, что при решении проблем управления сложностью следует базироваться на фундаментальных и прикладных результатах, полученных в междисциплинарной отрасли системных знаний. Проведен анализ взаимодействий базовых научных направлений МОСЗ, а именно общей теории систем, кибернетики (неокибернетики) и информатики, в результате которых формируются синергетические научные результаты, имеющие важное научное и прикладное значение при решении проблем многокритериального анализа и синтеза СЛО. При этом показано, что данные проблемы изначально имеют слабоструктурированное описание и для их последующей конструктивной формализации целесообразно использовать методы и методики обобщенного СА, объединяющего результаты перечисленных базовых научных направлений МОСЗ [1-5,11-14]. В докладе приводятся примеры использования разработанных конкретных методик ОСА при решении проблем проактивного управления СЛО в авиакосмической, транспортно-логистической сферах, при подготовке аспирантов и адъюнктов в ВУЗ-х РФ.

Исследования по рассматриваемой проблематике проводились в рамках бюджетной темы FFZF–2022–0004.

Список литературы

1. Садовский В.Н. Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы и перспективы развития. М.: Наука, 1980.
2. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный подход в современной науке // Проблемы методологии системных исследований. М.: Мысль, 1970. С. 7-48
3. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. МО СССР, 1990. 522 с.
4. Волкова В.Н. Истоки и перспективы развития наук о системах. С.Пб : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. 240 с.
5. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. М.: ЛЕНАНД, 2016, 160 с.
6. Бир С. Мозг фирмы. М.: УРСС, 2005. 315 с..
7. Квейд Э. Анализ сложных систем // Под ред. И.И. Андреева, И.М. Верещагина. М.: Советское радио, 1969, 520 с.
8. Садовский В.Н. Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы и перспективы развития. М.: Наука, 1980.
9. Трофимова М.С., Трофимов С.М. Обзор методов и методик системного анализа применительно к управлению качеством предприятия // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления., 2015, № 14. С. 74-96.
10. Вафина Ю.А. Системный анализ в управлении производством полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета. Серия Управление, информатика и вычислительная техника. 2011. № 10. С. 213-217.
11. Герасименко В.А. Информатика и интеграция в технике, науке и познании // Зарубежная радиоэлектроника. 1993. № 5. С. 22-42.
12. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
13. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. М.: РАН, 2018. 314 с.
14. <http://litsam.ru> (дата обращения 26.12.2023).