

УДК 519.7

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Д.И. Кулешова*

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*Определены основные этапы становления и развития системного анализа, рассмотрены возможности его применения для разработки системы управления процессом изолирования кабелей связи. Для решения данной задачи было проведено исследование исторического развития системных идей, описаны этапы исследования сложных систем с использованием системного анализа и принципы системного подхода. На основании проведенного исследования можно говорить о том, что зарождение системного анализа является адекватной реакцией на возникшую потребность в создании и исследовании сложных систем, в принятии решений в условиях неполноты информации, на наличие неопределенностей, а также временных ограничений и ограничений, связанных с ресурсами.*

**Ключевые слова:** проводные кабели связи (ПКС), системный анализ, системный подход.

Большая часть операций по производству проводного кабеля связи непрерывны, т. е. осуществляются последовательно друг за другом в определенном порядке, по мере продвижения изделия через производственное оборудование.

Таким образом, можно говорить о том, что технологический процесс производства кабельной продукции является непрерывным и многооперационным [1, 2]. Изучение такой системы требует от исследователя широкого круга знаний и применения новых подходов. Это привело к появлению потребности в обобщающем, междисциплинарном направлении науки, которое занималось бы исследованием сложных систем и имело упорядоченную базу терминов и понятий. Наиболее востребованным из направлений, применяемых для изучения таких систем, к настоящему моменту является системный подход.

Выявление на основе системного подхода к автоматизации непрерывных технологических процессов кабельного производства системных свойств технологической операции изолирования позволит с учетом глобального критерия качества функционирования системы управления процессом изолирования перейти к локальным критериям качества [3].

Возникновение общей теории систем связывают с именем австрийского физиолога Людвиг фон Бергаланфи (1901–1972), который в 20–30-е гг. прошлого века занимался вопросами системного подхода при изучении живых организмов. Свои взгляды Бергаланфи представил в книгах «Современная теория развития» (1929) и «Общая теория систем» (1969) [4].

Также необходимо отметить важный вклад в становление системных представлений нашего соотечественника А.А. Богданова. В своей трехтомной работе «Тектология», изданной в 1910–1920-х годах, он впервые сформулировал основ-

ные положения системного подхода и теории самоорганизации систем [5].

По-настоящему явное и массовое усвоение системных понятий, осознание обществом системности мира, общества и человеческой деятельности началось в послевоенные годы – с 1948 года, когда американский математик и биолог Н. Винер опубликовал знаменитую книгу «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине». Название книги несколько сузило сферу приложения кибернетики из-за научных интересов самого Винера [6].

Развитие аспектов системности особенно интенсивно началось со второй половины XX века. Значительную роль в этом сыграла научно-техническая революция. Многообразные кардинальные открытия в области науки в значительной степени были вызваны системным мировоззрением и широким применением системного анализа. Последовавшая за научной технической революция также была обусловлена системным подходом в создании технических нововведений. Наконец, успехи производства тоже обусловлены системностью.

В эти годы начала оформляться общая теория систем, а также частные теории. В последующем стало происходить выделение прикладной области системного знания – системотехники как прикладного, инженерного направления знаний о системах. Постепенно различные виды системных теорий интегрируются в системологию, которая включает в себя общую теорию систем, частные и отраслевые теории систем, системотехнику.

Системный анализ признается в настоящее время наиболее конструктивным из направлений системных исследований. Этот термин впервые появился в 1948 г. в работах корпорации RAND в связи с задачами военного управления. Первая книга по системному анализу вышла в 1956 г. – ее издала корпорация RAND, а авторами стали американские ученые Кан и Манн [7].

Методология системного анализа была детально разработана и представлена в вышедшей в 1960 г. книге Ч. Хитча и Р. Маккина «Военная экономика в ядерный век». В 1965 г. появилась весьма обстоятельная книга Э. Квейда «Анализ сложных систем для решения военных проблем». В ней представлены основы новой научной дисциплины – анализа систем, направленной на обоснование методов оптимального выбора при решении сложных проблем в условиях высокой неопределенности. В 1965 г. вышла книга С. Оптнера «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем», которая дает полное и ясное представление о системном анализе с характеристикой проблем делового мира, сущности систем и методологии решения проблем [8].

В бывшем СССР методологию системного анализа стали применять фактически сразу же после его зарождения. При Президиуме АН СССР уже в конце 60-х гг. был создан Комитет системного анализа. Основными сферами применения системного анализа стали радиоэлектроника, автоматика, средства вычислительной техники, информационные системы, автоматизированные системы управления, системы связи и др. С 60-х годов в СССР издается ежегодник «Системные исследования», в котором обсуждаются основные методологические проблемы системного анализа.

Существенный вклад в развитие системного анализа и практики его применения внесли отечественные ученые А.Г. Аганбегян, Л.В. Канторович, Д.М. Гвишиани, С.В. Емельянов, Н.Н. Моисеев, Г.С. Пospelов, Л.Н. Сумароков, Г.В. Шорин, В.М. Глушков, Е.П. Голубков, Ю.И. Черняк, В.Н. Садовский, В.В. Дружинин, А.А. Ляпунов, И.В. Блауберг, А.И. Уемов и др. [9]

В настоящее время системный анализ широко используется при принятии

решений в теоретических и прикладных исследованиях и разработках в самых различных областях человеческой деятельности: в науке и технике, экономике и биологии, медицине и истории, политике и педагогике, юриспруденции и военном деле. Можно говорить о существенном обновлении системных идей, которое связано с работами В.А. Карташова, С.А. Кузьмина, И.И. Пригожина, В.Н. Спицнаделя, Г. Хагена и др. [10].

Существуют различные точки зрения на содержание понятия «системный анализ» и область его применения. Дадим определение системного анализа на основе обобщения различных точек зрения [11].

Системный анализ:

1) используется в тех случаях, когда решаемая задача не может быть сразу представлена и решена с использованием формальных, математических методов, т. е. присутствует большая начальная неопределенность решаемой проблемной ситуации и многокритериальность задачи;

2) основывается на базовых понятиях теории систем и философских концепций, которые лежат в основе исследования общесистемных закономерностей;

3) уделяет особое внимание этапу постановки задачи и использует для этого не только формальные методы, но и методы качественного анализа;

4) для построения процесса исследования и принятия решения требует обязательной разработки методики системного анализа, которая определяет последовательность этапов проведения анализа и методы их выполнения, объединяет методы из групп, направленных на активизацию использования интуиции и опыта специалистов (МАИС), и методы формализованного представления систем (МФПС);

5) позволяет сформировать процесс коллективного принятия решения, объединяя при этом специалистов различных областей знаний;

6) изучает процессы образования целей и создания средств работы с целями (включая создание методик структурирования целей);

7) в качестве основного метода использует расчленение большой неопределенности на более обозримые, лучше поддающиеся исследованию элементы при сохранении целостного представления об объекте исследования и проблемой ситуации.

Технология системного анализа представляет собой результат синтеза операций системного подхода и научного исследования.

Системный анализ применяется для решения широкого круга задач в различных областях. В соответствии с этим многие ученые, занимающиеся исследованиями в области системного анализа, выработали свою классификацию этапов. Чаще всего на классификацию оказывала влияние непосредственно область, для исследования которой применялся системный анализ. Например, классификация этапов по С. Оптнеру формировалась в соответствии с объектом изучения – оценкой и выбором систем вооружения, промышленных систем и капиталовложений; классификация по Н.П. Федоренко основывалась на отечественной экономико-математической школе; классификация по С.П. Никанорову была связана с отраслевым уровнем и разработкой АСУ.

Однако несмотря на различия во всех концепциях прослеживается общность воззрений авторов и единство подходов к разделению системного анализа на этапы.

Последовательность этапов системного анализа, которая не имеет привязки к конкретной области исследования, была разработана Ю.А. Черняком [12]:

1. Анализ проблемы (определение, формулирование, анализ структуры, развитие, внешние связи, разрешимость).
2. Определение системы (специфика задач, определение объекта, границы разбиения, подсистемы, среда).
3. Анализ структуры системы (иерархия, функции, процессы управления, информационные каналы, специфика подсистем).
4. Формулирование общей цели и критерия системы (цели-требования, накладываемые ограничения, общая цель, критерии, выработка общей цели/критерия из целей/критериев подсистем).
5. Декомпозиция цели, выявление потребностей в ресурсах и процессах (формулировка целей: верхнего приоритета, текущих, развития, внешних и т. п.).
6. Выявление ресурсов и процессов, композиция целей (оценки: технологий и мощностей, состояния ресурсов, реализуемых и планируемых проектов, возможностей взаимодействия с другими системами).
7. Прогноз и анализ будущих условий (развития системы, появления новых факторов влияния, ресурсов, возможных сдвигов критериев и целей).
8. Оценка целей и средств (оценка приоритетности цели, оценка взаимосвязей, вычисление оценок согласно критериям, оценка внешних факторов и их влияния).
9. Отбор вариантов (планирование достижения целей; анализ совместимости, отбор избыточных вариантов, сравнение вариантов и т. п.).
10. Диагноз существующей системы (моделирование процессов, вычисление мощностей, определение недостатков, мероприятия по совершенствованию).
11. Построение комплексной программы развития (построение проектов и программ мероприятий, определение очередности целей, разработка общего плана мероприятий с учетом накладываемых временных ограничений и ограничений по ресурсам и т. п.).
12. Проектирование организации для достижения целей (назначение целей организации, формулирование функций организации, проектирование отдельных структур).

На начальном этапе системный анализ основывался на применении сложных математических методов. Но дальнейшие исследования позволили сделать вывод, что математика неэффективна при анализе сложных теоретических и практических проблем, которые обладают множеством неопределенностей, что характерно для исследования и разработки технологий как единого целого. Поэтому перед учеными встала проблема, решением которой явилась выработка концепции такого системного анализа, в котором акцент делается в большей степени на разработку новых диалектических принципов научного мышления, логического анализа технических систем с учетом их связей и различных направленностей. При таком подходе на первый план выдвигаются уже не математические методы, а сама логика системного анализа, упорядочение процедуры принятия решений.

Возрастающее количество взаимосвязанных обстоятельств больших, неоднозначных и сложных технических систем при росте числа ограничений на время принятия решения потребовало специального теоретического обоснования методологического характера. Таким образом, на основе работ по системному анализу возник термин «системный подход». Такие нормы познания позволили проанализировать сложные проблемы как единое целое и обеспечили рассмотрение

многих альтернатив, каждая из которых описывалась большим количеством переменных.

Необходимо отметить, что в литературе довольно часто термины «системный анализ», «системный подход» и «принцип системности» употребляются как синонимы. Однако их следует различать. Системный подход – это принцип познания, а системный анализ представляет собой процесс, некоторое развертывание принципа системности в методологический комплекс.

Приблизительно с середины 50-х годов XX века системный подход проникает в самые различные исследовательские области научных исследований.

Методология изучения системы как единого целого, состоящего из отдельных частей, с различных точек зрения формализации позволяет сформулировать следующие девять принципов системного подхода [13].

1. Конечной цели: абсолютный приоритет конечной (глобальной) цели.
2. Единства: совместное рассмотрение системы как единого целого и как совокупности частей (элементов).
3. Связности: рассмотрение любой части совместно с ее связями с окружением.
4. Модульного построения: выделение модулей (подсистем) в системе и рассмотрение ее как совокупности подсистем.
5. Иерархии: выделение главных и подчиненных частей (элементов) и (или) их ранжирование.
6. Функциональности: совместное рассмотрение структуры и функций с приоритетом функций над структурой.
7. Развития: учет изменяемости системы, ее способности к развитию, расширению, замене частей, накапливанию информации.
8. Децентрализации: сочетание в принимаемых решениях управления централизации и децентрализации.
9. Неопределенности: учет неопределенностей и случайностей в системе.

В последнее время под системным подходом зачастую понимается некоторая совокупность системных принципов.

Технологический процесс изготовления кабельной продукции согласно сказанному ранее может рассматриваться как система, удовлетворяющая постулатам системного подхода. Каждый производственный этап неразрывно связан со следующим и предыдущим; таким образом, отдельные технологические операции не позволяют достигнуть цели всего процесса. Эффективная работа технологической системы характеризуется глобальным параметром качества, оценить который возможно только после выполнения всех операций, на готовом изделии [14]. Отдельные производственные этапы характеризуются локальными критериями качества, которые в конечном счете формируют глобальный критерий. В связи с этим появляется необходимость контроля и регулирования основного параметра качества на промежуточных операциях производства кабеля и возможности своевременного вмешательства в производственный процесс для предотвращения брака.

Применение системного подхода при разработке системы автоматического управления процессом изолирования кабеля связи позволяет обеспечить достижение требуемого качества готового кабеля с учетом полосы передаваемого сигнала. Таким образом, значительно повышается качество выпускаемой продукции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митрошин В.Н., Митрошин Ю.В., Кулешова Д.И. Использование системного подхода при автоматизации многооперационных технологических процессов производства кабелей связи // Информационные, измерительные и управляющие системы (ИИУС-2012): Материалы III Международной научно-технической конференции (Самара, 29-31 мая 2012 г.). – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. – С. 43–48.
2. Митрошин В.Н., Митрошин Ю.В. Использование системного подхода при автоматизации непрерывных технологических процессов кабельного производства // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2010. – № 7(28). – С. 26–31.
3. Митрошин В.Н. Многопараметрическое управление производством кабелей связи на основе прогнозирующих моделей // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 4 (40). – С. 37–44.
4. Бертуланфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов / Общ. ред. и вст. ст. В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23–82.
5. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. – М.: Сов. радио, 1971. – 224 с.
6. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. 1948–1961. – 2-е изд. – М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
7. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под. ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш. шк., 2004. – 616 с.
8. Дроздов Н.Д. Основы системного анализа: Учеб. пособие. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2002. – 90 с.
9. Лихолетов В.В. Системный анализ и проектирование систем управления: Учеб. пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 160 с.
10. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособие для вузов. – К.: МАУП, 2003. – 368 с.
11. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа: Учеб. пособие для вузов. – СПб: Бизнес-пресса, 2000. – 326 с.
12. Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975. – 191 с.
13. Девятов Д.Х. Системный анализ: Учеб. пособие для вузов / Д.Х. Девятов, И.М. Ячиков, А.П. Морозов. – Магнитогорск: МГТУ, 2001. – 67 с.
14. Митрошин В.Н., Кулешова Д.И. Разработка системы управления процессом изолирования кабелей связи, обеспечивающей достижение требуемого эксплуатационного качества продукции // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – № 1 (45). – С. 71–77.

*Статья поступила в редакцию 21 марта 2016 г.*

## DEVELOPMENT OF A SYSTEMATIC APPROACH TO THE PROBLEMS OF AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF CABLE PRODUCTION

***D.I. Kuleshova***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*This paper is devoted to definition of main stages of system analysis development and its application for develop process control systems isolate communication cables. The historical development of system ideas has been analysed and main stages of complex systems research using system analysis has been described. Conducted research shows that system analysis nucleation was an adequate reaction on the necessity of complex systems creation, decision making under partial uncertainty, time and resource constraints.*

***Keywords:*** *wired communication cable, system analysis, system approach.*

---

*Darya I. Kuleshova, Postgraduate Student.*