

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ В КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Постановка проблемы. Функционирование современных производственных и организационных систем происходит в условиях переменности их структуры, параметров и режимов работы их подсистем при многочисленных внешних и внутренних возмущениях. В таких системах зачастую наблюдаются сбои различного характера, причиной которых являются несостоятельность методов оперативного управления, особенно в условиях дефицита времени (в критических режимах).

Анализ публикаций по теме исследования. Современные производственные системы относятся к классу больших распределенных систем, которым присущи характерные особенности [1]:

- наличие управляемых подсистем;
- участие в системе людей, машин и внешней среды;
- наличие материальных, энергетических и информационных связей между частями системы и с другими (внешними) системами.

Теория и техника больших систем интенсивно развивается и получает распространение во многих отраслях народного хозяйства и обороны, в сфере обслуживания и административного управления, где требуется учет большого числа факторов и переработка большого объема информации.

Управление большой системой основывается на совместном участии в процессе людей и технических средств, основу которых составляют ЭВМ и средства сбора, передачи, представления и хранения информации [2]. Управленческий персонал в совокупности с техническими средствами образует автоматизированную систему управления, которая выполняет функции: информационно-справочные, планирования, учета, отчетности, оперативного управления, управления ресурсами и запасами. При этом выполнение формализуемых операций возлагается на ЭВМ, а принятие решений на основе неформальных методов — на руководителей.

Управление большой системой строится, как правило, в виде иерархической системы, высший орган которой управляет несколькими подразделениями нижней ступени, каждой из которых, в свою очередь, подчинены подразделения еще более низкой ступени и т.д. [2]. Такая структура управления формируется естественным образом вследствие требования минимизации затрат на управление и позволяет использовать преимущества централизованных и децентрализованных систем и в значительной мере освободиться от их недостатков.

Характерная особенность современного направления развития техники управления большими системами — слияние систем управления технологическими процессами и систем организационного управления в объединенные системы управления, в которых обеспечивается наиболее эффективное и экономное использование информации и технических средств.

Для оперативного управления современными производственными комплексами применяются интегрированные автоматизированные системы (ИАСУ), которые имеют иерархическую структуру [3]. На всех уровнях иерархической системы используются автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ), для которых с увеличением уровня характерно увеличение объема анализируемой информации и возрастание ответственности (масштаба последствий) за принимаемые решения. АСДУ оснащаются автоматизированными рабочими местами (АРМ) диспетчера, в состав которых входят системы поддержки принятия решений (СППР). Структура типовой СППР для оперативного управления приведена на рис. 1 [4].

Оперативное управление любой системой заключается в осуществлении периодически повторяющихся действий [3]:

- оценка текущего состояния объекта управления (системы);
- определение отклонения движения объекта от заданной траектории;
- решение задачи нахождения оптимального управления (формирование управляющих воздействий на предстоящий период);
- реализация управления (корректировка состояния системы – возвращение ее на заданную траекторию).

В процессе работы по оперативному управлению большой системой диспетчеру требуется учитывать не только аналитические связи и случайные факторы, но и широкий спектр пространственных, временных, причинно-следственных и других отношений [5].

Эффективность диспетчерского управления прежде всего обуславливается использованием соответствующих моделей в подсистеме моделирования в СППР для прогноза возможного состояния системы на ближайший интересующий период, на основе которых, особенно в критических режимах,

можно оценить время, отпущенное на поиск и реализацию управления в системе для стабилизации ситуации.

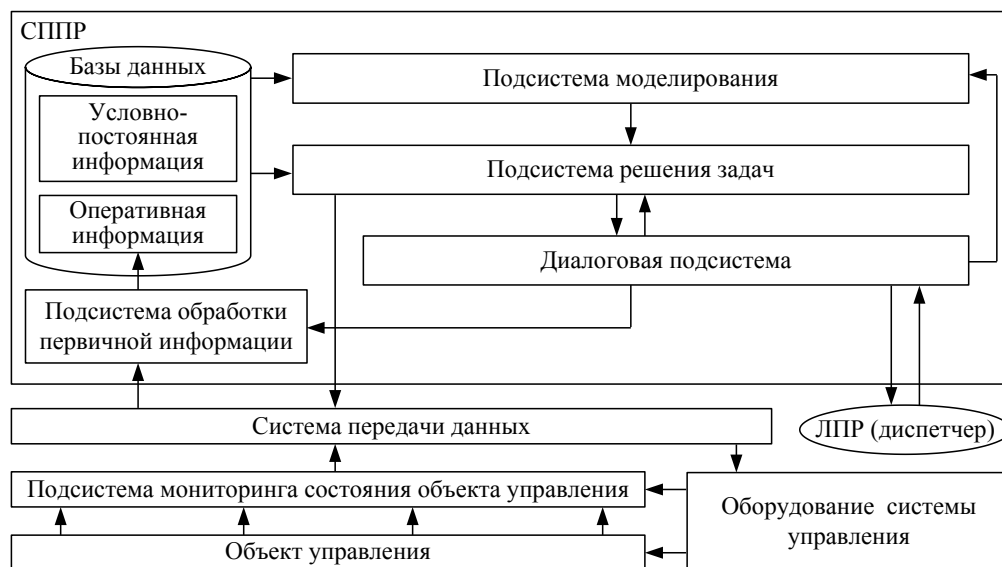


Рис. 1. Структура СППР для оперативного управления современным производством

Цель статьи. Задачей исследований является анализ моделей сложных производственных систем и методов поиска оптимальных решений на их основе в точки зрения возможности их применения для оперативного управления системами в критических режимах.

Основная часть. При изучении и совершенствовании больших систем необходимо [6]:

- использовать только такие методы, которые не игнорируют наличия тесной взаимосвязи между большим числом факторов, определяющих поведение рассматриваемой системы;
- учитывать большую или меньшую неопределенность поведения системы в целом и отдельных ее частей как результат действия случайных факторов и участия в системе людей;
- принимать во внимание взаимовлияние системы и окружающей ее среды;
- учитывать изменения во времени свойств системы и внешней среды.

Такой подход эффективен при исследовании сложных технических, экономических и биологических систем, для которых оказываются бесплодными традиционные методы, основанные на поочередном изучении отдельных черт системы или отдельных явлений или на далеко идущем упрощении объекта рассмотрения [7].

Для прогноза состояния и предстоящего режима работы сложных систем используется имитация процессов ее функционирования на ЭВМ. Для проведения имитационного моделирования сложной системы формализуют процессы ее функционирования (представляют их в виде последовательности четко определенных событий, явлений или процедур) и затем строят ее математическое описание. [6]

Для описания системы создается ее модель. Модель – это отражение структуры системы, ее элементов и взаимосвязей, направленное на отображение определенной группы свойств. На основе модели можно предсказывать поведение системы в определенном диапазоне условий [8].

Элементы сложной системы характеризуются поведением, их состояние изменяется во времени, что присуще классу динамических систем. При описании элементов используют их представление в виде моделей типа классических динамических систем, описание которых осуществляют с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений, или как детерминистические и стохастические системы, которые задаются с помощью конечных автоматов, вероятностных автоматов, систем массового обслуживания, кусочно-линейных агрегатов и т.п. Для математического описания элементов сложной системы пользуются методами теории функций, современной алгебры и функционального анализа [7].

Исследование математических моделей сложных систем обычно начинают с оценки функциональных характеристик, являющихся показателями эффективности, надежности, помехозащищенности, качества управления и других важных свойств сложных систем. С формальной точки зрения упомянутые показатели представляются функционалами, заданными на множестве траекторий движения сложной системы. Рассмотрение зависимости функционалов от параметров сложной системы открывает возможности для использования при анализе сложных систем методов теории поля.

Взаимосвязи между элементами образуют структуру системы. Принятый способ описания структуры систем – графическое изображение. Чаще всего для отображения связей между элементами используются графы и математическая логика. Изучение отношений между элементами и подсистемами, определение роли и места каждой подсистемы в общем процессе функционирования системы составляют предмет структурного анализа сложных систем. Так как схема сопряжения любой сложной системы представляется как совокупность предикатов, определенных на множестве входов и выходов ее элементов, то для изучения структуры сложной системы используют аппарат математической логики и теории графов [6].

Методы структурного анализа позволяют выделить в сложной системе наборы подсистем, находящихся в заданных отношениях, и представить сложную систему как совокупность объектов с хорошо изученными типичными структурами. Кроме того, эти методы применяют для оценки т. н. структурных характеристик, которые в количественном виде отражают те или иные частные свойства схемы сопряжения элементов сложной системы. Количественную оценку функциональных и структурных характеристик дополняют качественным исследованием, проводимым при помощи методов т. н. качественной теории сложных систем. Сюда в первую очередь входят исследование устойчивости систем, в том числе построение областей устойчивости характеристик в пространстве параметров сложной системы, выделение типичных режимов функционирования сложных систем, оценка достижимости, управляемости и наблюдаемости сложных систем, анализ асимптотического поведения и т. д.

В последнее время для исследования сложных систем стали широко применять алгебраические методы теории полугрупп, модулей, структур, обычно используемые при решении задач динамики детерминистических систем, декомпозиции автоматов, теории реализации линейных систем и др. В связи с необходимостью моделировать на ЭВМ процессы функционирования объектов большой сложности возникают серьезные проблемы, связанные с ростом трудоемкости вычислений. Для снижения объема работ при подготовке моделей целесообразно использовать универсальные автоматизированные моделирующие алгоритмы, способные настраиваться на любые конкретные объекты из заданного класса.

Применяемые модели и методы для исследования сложных систем приведены на рис. 2.

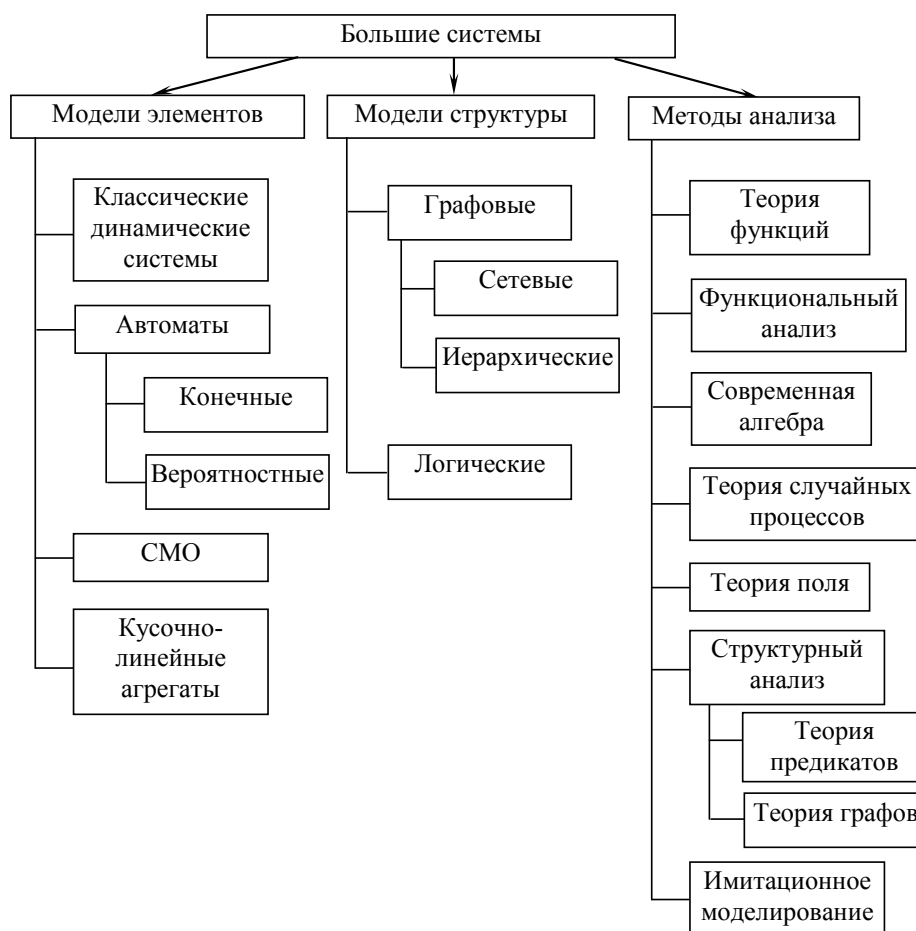


Рис. 2. Модели и методы исследования сложных систем

Большая система – это управляемая система, объединяющая комплексы машин и коллективы людей. Для таких систем характерна возможность непредусмотренных отклонений параметров состояния управляемых объектов от заданных значений. Поэтому деятельность человека, выполняющего в большой системе функцию управления, связана с решением неперiodически возникающих сложных задач, нахождением новых, не предусмотренных программой способов регулирующих воздействий [9]. При изучении деятельности человека в "больших" и "сверхбольших" системах особенно остро стоят проблемы оперативного мышления, групповой деятельности, средств коммуникации различных видов и др. К большим системам целесообразно относить сложные системы, фундаментальные свойства которых изменяются при дальнейшем увеличении размерности системы, связанное с ее развитием (добавлением новых компонент и/или новых связей). При этом происходит качественное изменение их поведения, что вызывает проблемы в управлении такими системами и может привести к прекращению их функционирования [9]. Математическая модель такой большой системы состоит из математических моделей элементов и математических моделей взаимодействия элементов. Взаимодействие элементов рассматривается обычно как результат совокупности воздействий каждого элемента на другие элементы. Совокупность таких свойств как многообъектность, территориальная распределенность объектов и средств управления, а также большое число переменных предъявляют новые требования к теории управления. Решение таких задач как отображение качественных переходов элементов и системы из одного состояния в другие, переходных процессов, оценивание текущего состояния большой системы представляет значительную трудность, что приводит к недопустимым затратам времени при оперативном управлении современными производственными комплексами [10].

При развитии системы, задача определения оптимального управления осложняется как со стороны увеличения размерности, так и со стороны ухудшения фундаментальных свойств системы, таких как устойчивость, управляемость и наблюдаемость [11].

Наблюдается тенденция устойчивого роста количества таких больших систем, которые характеризуются потерей управления в критических режимах, что объясняется невозможностью обеспечить своевременную оценку состояния, прогноза траектории дальнейшего движения системы и выбора соответствующего управления с помощью существующих моделей и методов.

В теории больших систем существует ряд проблем [7]:

1. Формирование системы понятий (языка), необходимых и достаточных для обсуждения вопросов, относящихся к большим системам, и для описания выявленных фактов и закономерностей.

2. Построение идеализированных (упрощенных) моделей реальных систем, пригодных для теоретического и экспериментального изучения их свойств. Создаваемые модели должны быть достаточно сложными, чтобы их свойства в нужной мере соответствовали свойствам оригиналов, и в то же время настолько простыми, чтобы их можно было описать и решать нужные задачи, пользуясь составленными описаниями.

3. Расчленение исходной системы на относительно обособленные части (декомпозиция). Задача управления большой системы существенно упрощается, если представить ее в виде некоторого множества задач управления частями системы. Трудности расчленения связаны с выбором способа декомпозиции, который обеспечивал бы необходимое упрощение процедуры решения, но не вызывал бы слишком больших погрешностей из-за отбрасывания некоторых связей в системе.

4. Объединение нескольких показателей одним, сводным, с целью упрощения решения задач управления большой системы (агрегирование); так же как и декомпозиция, имеет целью преодоление "барьера многомерности". Осуществляется выбор такого объединения показателей, которое существенно облегчило бы решение задач управления, но не приводило бы к недопустимым ошибкам, возникающим из-за уменьшения детальности описания системы.

5. Выбор способа оценки состояния системы и среды, а также выработки программы управляющих воздействий, обеспечивающей наилучшее достижение целей управления (формирование стратегии управления). Это осуществляется с помощью прогнозирования изменений системы и среды, которое принципиально не может быть точным.

Наряду с перечисленными фундаментальными проблемами создание и использование больших систем требует решения ряда прикладных задач — функциональных и операционных. К функциональным задачам относятся мероприятия, обеспечивающие выполнение системой ее назначения и поддержание ее работоспособности. Операционные задачи направлены на решение вопросов планирования комплексов операций, управления ресурсами, запасами и развитием систем.

Решение задач, возникающих при оперативном управлении большими системами, можно осуществлять двумя путями:

1). Построение частных моделей [10]. Использование для большой системы упрощенных решений, полученных при помощи процедур линеаризации, минимизирования и структурирования, является введением ограничений в задаче поиска оптимального решения, что естественно делает достигнутый оптимум слабым. То есть допускается снижение эффективности решения за счет излишних

ограничений. При этом существует большая вероятность определения локальных оптимумов для частей системы, которые не приводят к глобальному оптимуму всей системы в целом.

2). Построение аналитических приближений (оболочек). Представление большой системы сводится к непрерывному описанию, что соответствует предельному случаю $n \rightarrow \infty$ [12]. Задача в такой постановке относится к узкому классу, всегда имеет решение, которое может быть быстро (своевременно) найдено с помощью сеточных моделей. Непрерывные модели в виде аппроксимирующих оболочек могут быть построены с разной степенью детализации (порядком приближения) и использоваться для решения задач разного типа [13]. Для управления в критическом режиме и ускорения расчетов можно использовать непрерывную модель меньшей степени детализации, а для оптимального управления большой системой в нормальном режиме функционирования порядок приближения (детализации) может быть больше.

Выводы. В СППР при оперативном управлении большой системой должны быть встроены модули, позволяющие формировать описание параметров функционирования всей системы в непрерывной форме, которое дает возможность своевременно оценивать состояние системы, прогнозировать время на стабилизацию критических состояний и определять оценку оптимального управления в системе. Направлением дальнейших исследований является доказательство того, что оптимум для оболочки представляет собой мажоранту (миноранту) для оптимума исходной задачи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. / Н.П. Бусленко. – М.: Главная редакция физ.-мат.лит. изд-ва «Наука», 1968. – 356с.
2. Архангельский В.И. Интегрированные АСУ в промышленности. / В.И. Архангельский, И.Н. Богаенко, Н.А. Рюмшин. – К.: НПК «Киевский институт автоматики», 1995. – 316с.
3. Войтов О.Н. Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления электроэнергетическими системами. / О.Н. Войтов, В.Н. Воронин, А.З. Гамм и др. - Новосибирск: Наука, 1986. - 205с.
4. Поливода О.В. Оптимизация управления влагообеспечением в ирригационных системах/ О.В. Поливода, А.В. Рудакова, С.П. Шейник // Международная научно-практическая конференция «Технические науки: современные проблемы и перспективы развития», 10 декабря 2012г. [Текст]: [материалы] / Приволжский научно-исследовательский центр.– Йошкар-Ола: Коллоквиум, 2013.– С.120 – 123.
5. Петухов О.А. Моделирование: системное, имитационное, аналитическое: учеб. пособие / О.А. Петухов, А.В. Морозов, Е.О. Петухова. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 288с.
6. Бусленко Н. П. Лекции по теории сложных систем. / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, И.Н. Коваленко. - М.: Изд-во «Советское радио», 1973. – 440с.
7. Лернер А. Я. Большая система. //Сафронов В.В. Словарные статьи по системному анализу. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://victor-safronov.narod.ru/systems-analysis/glossary/large-scale-system.html>.
8. Антонов А.В. Системный анализ. Учеб. для вузов / А.В. Антонов. – М.: Высш.шк., 2004. – 454с.
9. Рудакова А.В. Проблемы управления большими развивающимися системами. / А.В. Рудакова // Вестник Херсонского национального технического университета.– Херсон: ХНТУ. - 2010. - Вып. 2(38). - С.29-33.
10. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления. / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н Э. Баумана, 2002. – 744с.
11. Рудакова А.В. Анализ фундаментальных свойств развивающихся динамических систем. / А.В. Рудакова // Вестник Херсонского национального технического университета.– Херсон: ХНТУ. - 2011. - Вып. 2(41). - С.27-31.
12. Рудакова А.В. Использование аналитических продолжений в задачах оптимального управления большими системами в критических режимах. /А.В.Рудакова, Ю.А.Лебеденко //Вестник Херсонского национального технического университета.–Херсон:ХНТУ.-2012.-Вып.1(44).- С.342-346.
13. Рудакова А.В. Использование аппроксимирующих поверхностей для построения моделей больших энергосистем. / А.В. Рудакова, О.В. Поливода, В.П. Боярчук. // Вестник Херсонского национального технического университета.– Херсон: ХНТУ. - 2008. - Вып. 2(31). - С.417-422.

РУДАКОВА Анна Владимировна – к.т.н., доцент, доцент кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: - Оптимальное управление большими распределенными системами, компьютерное моделирование распределенных систем.