

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ КАУЗАЛЬНЫХ МНЕМОСХЕМ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Гучук В.В

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН
polma@bk.ru

Аннотация: В интерактивных системах управления сложными динамическими объектами человек-оператор должен иметь полное представление о состоянии управляемых объектов. Это огромный объем быстроменяющихся данных. В то же время надо обеспечить возможность адекватного восприятия человеком представленной информации для принятия осознанных и эффективных управляющих действий, чтобы заранее предпринять меры для возможного предотвращения возникновения нештатных или аварийных ситуаций. В работе описываются особенности технологии разработки нового класса представлений – каузальных мнемосхем, предназначенных для отображения взаимосвязи процессов, протекающих в управляемой системе, причинно-следственной картины наблюдаемых событий, взаимоувязанных реакций подсистем на управляющие воздействия, отображения динамики распределения напряженности узлов и агрегатов. Затрагиваются сопутствующие вопросы интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств в таких системах.

Ключевые слова: система управления, человек-оператор, визуализация, каузальная мнемосхема, нештатная ситуация.

Введение

При создании интерактивных систем мониторинга и управления сложными научно-техническими объектами одной из важнейших является задача разработки механизмов предотвращения нештатных и аварийных ситуаций [1]. Во многих таких объектах время между явным проявлением скатывания управляемого объекта в нештатный режим и началом неуправляемого развития аварии бывает настолько мало, что ситуацию уже невозможно выправить никаким образом. Одним из путей решения проблемы является своевременная перестройка системы управления, а именно упреждающая критериальная адаптация, предложенная автором в [2]. Упреждающая критериальная адаптация – это ситуационно-контекстная настройка системы управления для наиболее эффективного реагирования на возникающую ситуацию в управляемом объекте, включающая в себя актуализацию необходимых алгоритмов выхода из конкретной нештатной ситуации, освобождение системы прерывания для возможности оперативного реагирования на сигналы о развитии нештатной ситуации, корректировку пороговых значений определяющих параметров для более раннего обнаружения разладки и т.п. Процессы, протекающие в новых разрабатываемых научно-технических объектах, часто бывают не полностью изучены и не должным образом формализованы. Поэтому, помимо соответствующего конструирования алгоритмов управления, следует обеспечить полноценное участие человека-оператора в процессе

управления. Гипотетически это позволит обнаружить тенденции ухода управляемых процессов от штатных режимов на самых ранних стадиях их проявления. Для эффективного участия человека-оператора в процессе мониторинга и управления необходимо создавать такую визуализацию, которая даст достаточно полное (валидное, компетентное) представление о состоянии управляемого объекта, и в то же время позволит ему адекватно воспринимать представленную информацию и принимать осознанные и правильные действия.

Одним из инструментов визуальной поддержки, который может способствовать оперативному оцениванию ситуации человеком-оператором, являются мнемосхемы [3]. Мнемосхема представляет собой наглядное графическое изображение функциональной схемы управляемого или контролируемого объекта, оформленное в виде структуры символов, отображающих элементы системы (или процесса) с их взаимными связями. Она – источник информации о текущем состоянии системы, характере и структуре протекающих в ней процессов, в том числе связанных с нарушением технологических режимов, нештатными ситуациями и т.п.

Согласно ГОСТ 21480-76 мнемосхемы предназначаются для выполнения следующих функций:

- наглядно отображать функционально-техническую схему управляемого объекта и информацию о его состоянии в объеме, необходимом для выполнения оператором возложенных на него функций;
- отображать связи и характер взаимодействия управляемого объекта с другими объектами и внешней средой;
- сигнализировать обо всех существенных нарушениях в работе объекта;
- обеспечивать быстрое выявление возможности локализации и ликвидации неисправности.

В основу построения мнемосхем положены принципы, выработанные в процессе многолетней практики их применения. Общепринято, что мнемосхемы должны отражать как общую картину состояния системы, технологического процесса, так и состояние отдельных агрегатов, устройств, значения параметров и т.п. Мнемосхемы помогают оператору, работающему в условиях большого количества поступающей информации, облегчить процесс информационного поиска, подчинив его определенной логике, порождаемой реальными связями параметров исследуемого объекта.

В работе [4] предложен новый класс представлений – каузальные мнемосхемы, которые расширяют возможности обычных мнемосхем. Каузальные мнемосхемы являются именно тем инструментарием, который дает возможность человеку-оператору получить развернутое и детальное представление о состоянии управляемого объекта, выявить первопричину возникновения нештатной ситуации, оценить масштаб происходящего события и определить возможность его локализации, предпринять осознанные действия по предотвращению развития нештатной или аварийной ситуации.

1 Каузальные мнемосхемы

Каузальные мнемосхемы предназначены для отображения не столько элементов системы, сколько взаимосвязи процессов, протекающих в ней, причинно-следственной картины наблюдаемых событий, взаимоувязанных реакций подсистем на управляющие воздействия, отображения динамики распределения напряженности узлов и агрегатов и т.п. Каузальные мнемосхемы могут быть использованы как инструментарий для организации встречного логико-иерархического анализа ситуации, предложенного в [5], в котором параллельно осуществляются два иерархических процесса. На верхнем уровне (гипотетическом, огрубленном) анализируется связь макроявления (например, значение базового, определяющего показателя) с наиболее вероятными порождающими причинами. Далее – подтверждение на более низком уровне каждого из выбранных вариантов потенциально возможными причинами, например, происходящими процессами в подсистемах, описанных измеряемыми параметрами. На нижнем уровне – выделение по измеряемым параметрам не совсем нормативно протекающих процессов в подсистемах, а на более высоком уровне проверка влияния этих процессов на смежные (непосредственно связанные) подсистемы и далее определение возможного участия всего предыдущего в наблюдаемом макроявлении.

В определенном смысле элементы такого анализа реализуются при работе человека-оператора в уже существующих системах. Основное отличие в том, что для большей эффективности с помощью каузальных мнемосхем осуществляется визуальная поддержка такого анализа, что предположительно позволит проводить его более содержательно и оперативно. Рис. 1 иллюстрирует такого типа представление.

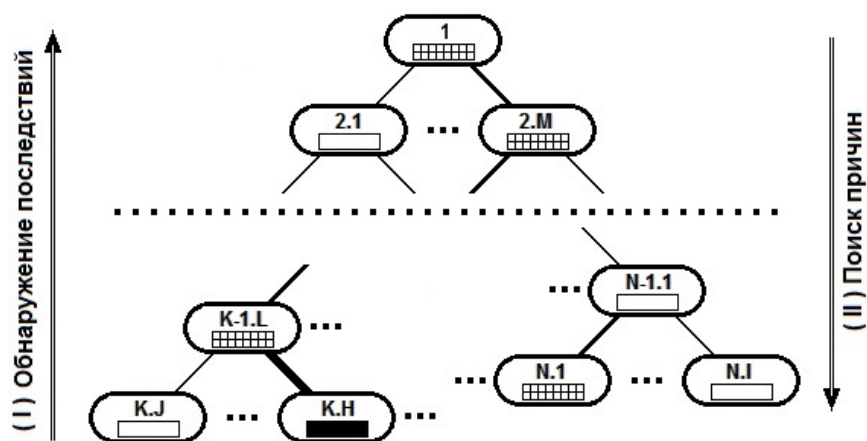


Рис. 1. Обобщенная каузальная мнемосхема для визуальной поддержки встречного логико-иерархического анализа

На рисунке степень затемнения прямоугольника в каждом элементе схемы (который будем именовать пиктограммой) соответствует степени “неблагополучия” или отступления от нормы соответствующего элемента. Толщина связующих линий – степень актуальности этой связи. Номер перед точкой - номер уровня в иерархии, а после точки – порядковый номер на данном уровне (для человека-оператора вместо номеров отображаются наименования пиктограмм – процессов, узлов, явлений и т. д.). В реальности используется более широкий ассортимент средств, включая числовые данные, цветовые метки и т. п. При нисходящем анализе (II), т. е. при переходе от вышележащего уровня вниз, осуществляется “поиск причин”. В противном случае (I) производится “обнаружение последствий”.

Анализируемая иерархия может быть функциональной (например, по выполняемым функциям с подчиненными связями) или построенной на основе причинно-следственных связей разной степени интегрированности, или композиционно-декомпозиционной с упорядочиванием типа “система – подсистема – блок – субблок...”.

При анализе “сверху” осуществляется поиск причины произошедшего системного события, а при анализе “снизу” производится попытка обнаружения последствий локальных нарушений. Использование одновременного двунаправленного иерархического построения анализа производится с целью обеспечить более успешную диагностику системы.

Если произошла “встреча” анализа “сверху” и анализа “снизу” - физически (геометрически, логически) совпали результаты этих анализов, то получается однозначное решение, и оно достаточно обоснованное. Если “встречи” не произошло, необходим содержательный и неформальный перекрестный анализ, который может осуществить только человек. В общем случае представленная структура иерархических взаимодействий может быть неполной, или не совсем адекватно отображать реальные процессы, и есть некоторая надежда, что интеллект человека-оператора может нивелировать эти недостатки.

Конкретная реализация может быть совершенно иной, причем, может быть и несколько визуализированных структур для разных типов описания системы [5]. Необходимо подчеркнуть важность именно идеи такого представления, которое направлено на создание условий для возможности оперативного оценивания ситуации человеком-оператором без необходимости рассматривать целое семейство визуализаций параметров, порознь представленных на экране АРМа оператора.

При построении каузальных мнемосхем следует использовать экспертные технологии, поскольку пока не существует достаточно отработанных рекомендаций. Целесообразно также учитывать те принципы, которые положены в основу построения обычных мнемосхем, поскольку на каузальные мнемосхемы возлагаются весьма сходные задачи

Один из основных - принцип **лаконичности**, согласно которому мнемосхема должна быть простой, не должна содержать лишних, затемняющих элементов, а отображаемая информация должна быть четкой, конкретной и краткой, удобной для восприятия и дальнейшей переработки.

Принцип **обобщения и унификации** предусматривает требование, согласно которому надо выделять и использовать наиболее существенные особенности управляемых объектов, т.е. на мнемосхеме не следует применять элементы, обозначающие несущественные конструктивные особенности системы.

Согласно принципу **акцента** к элементам контроля и управления на мнемосхемах в первую очередь необходимо выделять размерами, формой или цветом элементы, наиболее существенные для оценки состояния, принятия решения и воздействия на управляемый объект. Принцип **автономности** предусматривает необходимость обособления друг от друга участков мнемосхемы, соответствующих автономно контролируемым и управляемым объектам и агрегатам. Эти обособленные участки должны быть четко отграничены от других и согласно **принципу структурности** должны иметь завершенную, легко запоминающуюся и отличающуюся от других структуру.

Принцип **использования привычных ассоциаций и стереотипов** предполагает применение на мнемосхемах таких условных обозначений параметров, которые ассоциируют с общепринятыми буквенными обозначениями этих параметров. Требования, предъявляемые к мнемосхемам, должны предъявляться и к каузальным мнемосхемам. Каузальная мнемосхема должна содержать только те элементы, которые необходимы оператору для контроля и управления объектом. Отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, на мнемосхеме должны выделяться размерами, формой, цветом или другими способами. Форма и размеры панелей мнемосхемы должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов.

Как и при проектировании обычных мнемосхем, необходимо исследовать несколько вариантов структуры каузальных мнемосхем, видов используемых в них пиктограмм, типов визуализации проявления нештатной опасности и т. д. Оптимальный вариант выбирается экспериментальным путем (путем моделирования на компьютере деятельности оператора с различными вариантами каузальной мнемосхемы). Критериями оценки, как и в других подобных исследованиях, служат время решения задач и число допущенных ошибок.

Организация экспериментального исследования и использование его результатов - важнейший вопрос, который требует отдельного рассмотрения.

2 Методы и средства для каузальных мнемосхем

Предложенные в работе решения коррелируют с известными технологиями, такими, как FAST (Functional Analysis System Technique), диаграмма Fishbone (Kaoru Ishikawa) и т. д. [6]. Вообще, тематика, в контексте которой предложен новый класс представлений – каузальные мнемосхемы, имеет давнюю и разностороннюю историю [1? 7-9]. При разработке каузальных мнемосхем для решения конкретных задач целесообразно использовать накопленный опыт решения схожих задач.

Необходимо, во всяком случае, руководствоваться выработанными рекомендациями, методологиями, принципами.

Приведем краткий перечень основных принципов диагностических исследований. Основой организации диагностических исследований должны служить принципы, реализация которых позволит обеспечить повышение эффективности проводимых работ. К их числу относятся принцип ключевого звена, системности, причинно-следственного соответствия.

Принцип ключевого звена. Система управления потоками относится к числу сложных систем. Процессы, протекающие в ней, формируются под влиянием множества факторов. Учесть и исследовать их все практически невозможно, необходимо выбрать из них решающие, наиболее существенные.

Выделение ключевых проблем и основных причин, обуславливающих проблемную ситуацию, составляет один из принципов диагностического исследования. Данный принцип достигается путем декомпозиции функций и целей логистической системы, классификации проблем, определения приоритетности отдельных факторов при оценке проблем.

Принцип системности. Системность в диагностическом исследовании означает всестороннее и взаимосвязанное изучение проблем управляющей системы и выявление всех последствий и взаимосвязи каждого частного решения проблемы. В соответствии с данным принципом программа совершенствования системы управления материальными потоками и включение в нее мероприятий по устранению отдельных частных проблем должна оцениваться с точки зрения эффективности функционирования всей системы управления материальными потоками как единого целого с тем, чтобы исключить возможность неожиданных и непредвиденных последствий.

Принцип причинно-следственного соответствия. Одним из требований к диагностике является познание причин возникновения нарушений в системе и отклонений от нормы ее параметров.

Одной из основ построения каузальных мнемосхем является причинно-следственный анализ. Как известно, причинная зависимость — это связь явлений, одно из которых порождает другое. Приведем основные логические методы причинно-следственного анализа, которые тесно взаимосвязаны.

Метод исключения. Суть этого метода заключается в том, что, анализируя сложный комплекс причинно-следственных отношений, можно обнаружить непосредственную причину путем исключения всех предполагаемых обстоятельств (реально не влияющих, хотя и присутствующих), способных вызвать сходные события, кроме одного фактора, который после тщательной проверки и принимается за причину изучаемого явления.

Метод сходства. Использование метода сходства обусловлено тем, что интересующие события, причину которых аналитик хочет установить, возникают в самых разных обстоятельствах, но при этом всегда при наличии одного и того же фактора. Сущность этого метода сводится к следующему: если наблюдаемое событие возникает в различных обстоятельствах, но при наличии одного общего фактора, то этот фактор и есть причина происходящего. Используя данный метод, можно изучить разные условия возникновения одного и того же события и вычислить из них один и тот же общий фактор, вызывающий это явление. С определенной долей вероятности можно утверждать, что этот фактор и есть причина, интересующая аналитика.

Метод одного различия. Метод сводится к сопоставлению случая, когда интересующее событие наступает, со случаем, когда оно не наступает. В обоих случаях должны быть одни и те же условия, за исключением одного, которое в одном из случаев отсутствует. Иначе говоря - если в одних и тех же обстоятельствах при наличии какого-то фактора событие наступает, а при его отсутствии исследуемое явление не происходит, то этот фактор и есть причина изучаемого явления.

Принципы и методы в основном были сформулированы еще в таких работах, как [8]. Затем они уточнялись и совершенствовались (см. [1, 9]). Существует множество подходов к решению выше сформулированных задач. Например, в [7] предложен метод построения моделей для представления, анализа и синтеза взаимосвязей и взаимодействий разнородных процессов в сложных системах. В основу положена формализация причинно-следственных связей в структуре системы с использованием теории синтеза дискретных детерминированных систем. Для описания структуры системы используются звенья причинно-следственных связей, структура которых включает в себя блок причины, состоящий из причины и условия реализации причинно-следственной связи, и блок следствия, образованный следствием и условием, возникающим после реализации связи. Учитываются имеющиеся в системе информационные и материальные ресурсы (инструкции, запасы материалов и энергии), а также конгломерат внешних воздействий.

Приведенные принципы и методы имеют общий характер. Тем не менее, каждая новая практическая задача требует переосмысления имеющегося опыта и разработки достаточно специализированного инструментария, в арсенале которого каузальные мнемосхемы могут занимать вполне достойное место. Наряду с ними для реализации вышеупомянутой упреждающей критериальной адаптации необходим целый класс методов и технологий, таких как: - актуализация необходимых алгоритмов выхода из возможной нештатной ситуации, что требует дополнительной обработки данных в реальном и часто “жестком” времени; - освобождение системы прерываний от обработки поступающих данных, не актуальных для возникающей ситуации; - корректировка пороговых значений контрольных параметров для более раннего определения самого факта разладки в контексте текущей ситуации. Одно из решений в общем русле проблематики – ситуационно-контекстная визуализация.

3 Ситуационно-контекстная визуализация

На основе обширной библиографии (проблемно ориентированные пользовательские интерфейсы [10] и т.п.) и собственного многолетнего опыта автором в [4] была предложена концепция и механизмы такого представления данных, которое достаточно полно, но без излишнего нагромождения, отображает конкретную возникшую ситуацию и помогает человеку-оператору оперативно осуществлять обоснованные и эффективные решения в контексте возникшей ситуации. Назовем интерфейс, реализующий такого рода представление, ситуационно-ориентированным интерфейсом. Конечно, все серьезные разработки подразумевают использование качественной и разумной визуализации. Однако в нашем случае делается особый упор на представление, дающее возможность самого оперативного решения локализованной задачи выработки управляющих действий по пресечению усиливающихся негативных тенденций, поскольку на практике малейшее промедление может привести к необратимому неуправляемому состоянию. И, что весьма

существенно, представление должно соответствовать ситуации, создавшейся на текущий момент времени. Здесь, среди использования прочих концептуальных решений, целесообразно придерживаться технологии, которую можно назвать ситуационно-контекстной визуализацией (СКВ), или ситуационно-контекстным представлением контролируемых параметров. Основным смысл такой визуализации в том, что наблюдаемые параметры разворачиваются во времени (динамический анализ) или по значениям некоторого управляющего параметра (параметрический анализ) в обрамлении определяющего показателя, который является базовым для определения скатывания к нештатной ситуации, в том числе главным ориентиром для системы аварийной защиты. Такой показатель назовем потенциальным уровнем нештатной опасности L_{ped} . При этом для каждой конкретной ситуации в “базовой” зоне визуализации (т.е. в достаточно компактной области экрана, наиболее комфортной для визуального восприятия) формируется свой конгломерат параметров, включающий в себя актуальный на данный момент времени набор контекстных параметров (т.е. параметров, напрямую связанных с обнаруженным явлением существенного или просто заметного отклонения от нормативного или штатного функционирования системы) и фиксированный набор постоянно предъявляемых параметров. Возможен выбор типа или способа представления параметров, наиболее отвечающего текущей задаче описания создавшейся ситуации. Возможные решения по оптимальной с эргономической точки зрения визуализации параметров изложены в [5] – выбор аналогового или цифрового представления, использование цветокодировки или иного типа кодировки значений параметров, использование различного вида диаграмм и составных изображений и т. д.

В существующих системах человек-оператор также имеет возможность визуально оценивать общую ситуацию и оценивать значения различных параметров. Речь может идти лишь о более интегрированном, взаимосвязанном представлении и о неуклонном следовании высказанной идее ситуационно-контекстного представления. СКВ дополняет совмещение нескольких наблюдаемых параметров идеологией ситуационно-ориентированных интерфейсов. Визуальное наблюдение за отдельными параметрами происходит на фоне содержательного представления ситуации в целом. Для обустройства интерактивного режима работы это имеет важнейшее значение, потому что алгоритмы анализа не в полной мере отработаны из-за отсутствия достаточной статистики, а человеку-оператору необходима уверенность, что ситуация находится под контролем и есть время для анализа происходящего, да и такая визуализация позволяет легче обнаружить влияние того или иного параметра на весь процесс управления. Рис. 2 иллюстрирует один из вариантов такой визуализации, в которой основной первичный визуальный анализ заключается в оценке *отклонения от нормативного значения* (ООНЗ) определенных параметров.

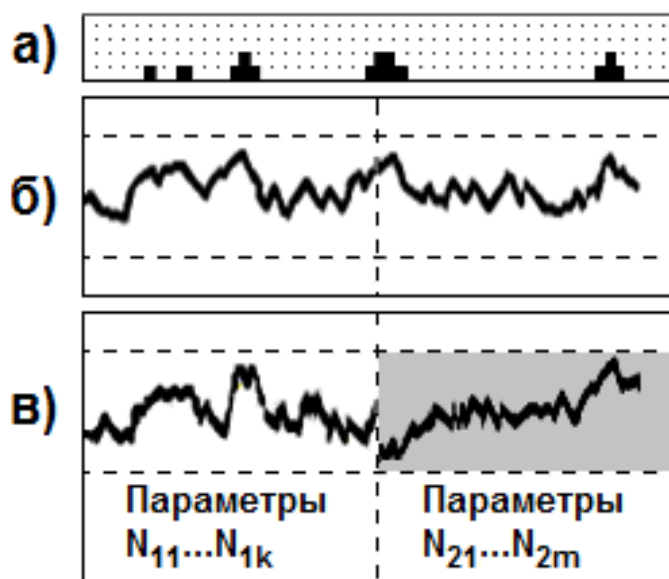


Рис. 2. Пример ситуационно-контекстной визуализации

На рисунке: штриховые горизонтали - границы предусмотренных вариаций параметра, сплошные - границы предельно допустимых вариаций, штриховая вертикаль – момент смены контекста, а - потенциальный уровень нештатной опасности L_{ped} ; б - развертка во времени постоянно наблюдаемых параметров (на рис. показан один параметр); в - развертки во времени ситуационно-

контекстных наблюдаемых параметров (показан один параметр), набор которых конкретен для каждой конкретной ситуации (до смены контекста человеку-оператору предъявляется набор ситуационно-контекстных параметров $N_{11} \dots N_{1k}$, а после смены – $N_{21} \dots N_{2m}$).

Опыт эксплуатации сложных интерактивных систем с опасными и вредными условиями функционирования показывает, что человек-оператор инстинктивно при любых, даже незначительных, отклонениях в работе системы, первым делом оценивает состояние жизненно важных параметров, возможно напрямую и не связанных с обнаруженными ООЗ, но сигнализирующих о наличии или отсутствии угрозы для жизни, в том числе для самого оператора. Такие параметры, конечно, коррелируют с потенциальным уровнем нештатной опасности, но в определенных случаях целесообразно непосредственно представлять и их в базовой зоне.

Потенциальный уровень нештатной опасности L_{ped} можно записать в виде:

$$L_{ped} = \max_i (K_i L_i).$$

Здесь L_i – локальный уровень нештатной опасности (например, нормированная величина отклонение от стандартного значения) в узле, подсистеме или фрагменте системы, K_i – вес (вклад локального уровня нештатной опасности в общее состояние системы). Более эргономичным представляется использование нескольких дискретных потенциальных уровней, 3-7 в зависимости от конкретной реализации.

Вообще, в представленной зависимости отображена гипотетическая структура формирования общей оценки. В частном случае нештатная ситуация может явиться порождением сочетания двух и более факторов. Такие случаи еще менее формализуемы. Для сложной распределенной системы потенциальный уровень нештатной опасности вообще может быть трудно осязаемой и вычисляемой величиной. Самым разумным и действенным является конструирование показателя с использованием экспертных оценок [1]. Такие оценки, в частности, используются при разработке алгоритмов диагностики и прогнозирования в самых сложных и дорогостоящих системах.

Переход от одного к другому визуализационному набору осуществляется в соответствии с идеологией СКВ, и должен происходить с некоторым опережением по сравнению с моментом явного проявления конкретной нештатной опасности, для чего и следует использовать технологию упреждающей критериальной адаптации.

Исходя из опыта эксплуатации сложных интерактивных систем и анализа деятельности человека-оператора по мониторингу и управления в условиях жесткого лимита времени, в предлагаемой технологии следует учесть ряд существенных факторов. Необходимо экспериментальным путем находить разумный компромисс - нельзя перегружать поле зрения несущественными деталями, но представляемая информация должна достаточно полно отражать текущую ситуацию (при этом не всегда заранее можно оценить “несущественность” информации). Необходимо обеспечить возможность быстрого доступа к любым параметрам системы, но не позволить человеку-оператору утонуть в их многообразии. Необходимо обеспечить возможность оперативного вмешательства человека в текущий процесс, но блокировать любые его действия, которые могут привести к необратимым негативным последствиям (еще один труднодостижимый компромисс, но просто решаемый на последних стадиях развития нештатной ситуации, когда автоматика должна полностью отключать ручное управление и запускать алгоритмы выхода из нештатного состояния).

Конкретная реализация СКВ должна осуществляться с учетом специфики испытуемых изделий. В связи с недостаточной изученностью использования предлагаемой технологии, для успешного ее воплощения необходима экспериментальная отработка - моделирование деятельности оператора в различных ситуациях, поиск оптимальных наборов постоянных и ситуационно-контекстных параметров и т. д.

Эффект от применения предлагаемой визуализации демонстрирует рис. 3, на котором представлены этапы деятельности человека-оператора по локализации обнаруженного негативного явления. Представленная схема является упрощенной. В реальности последовательность действий может быть иной, могут отсутствовать определенные этапы, могут осуществляться и другие действия, однако рисунок позволяет оценить потенциал СКВ как бы в количественном разрезе.

При использовании СКВ:

- взгляд оператора не покидает “базовую” зону визуализации для оценки жизненно важных параметров (они в этой же зоне) и, поэтому $T_{22} < T_{12}$. Выигрыш по времени невелик, но при работе в условиях жесткого лимита времени может оказаться полезным;

- отсутствует поиск контекстных параметров (они в “базовой” зоне) и поэтому экономится время T_{13} ;
- оценка локальной ситуации происходит быстрее ($T_{24} < T_{14}$), т.к. контекстные параметры собраны вместе;
- от оператора не требуется оценка общего состояния - экономится время T_{15} ;
- принятие решения по реакции на ООЗ может быть более обоснованным.

Что касается времени на поиск причины возникновения ООЗ T_{26} , то для его сокращения предлагается использовать технологию, описываемую в следующем разделе.

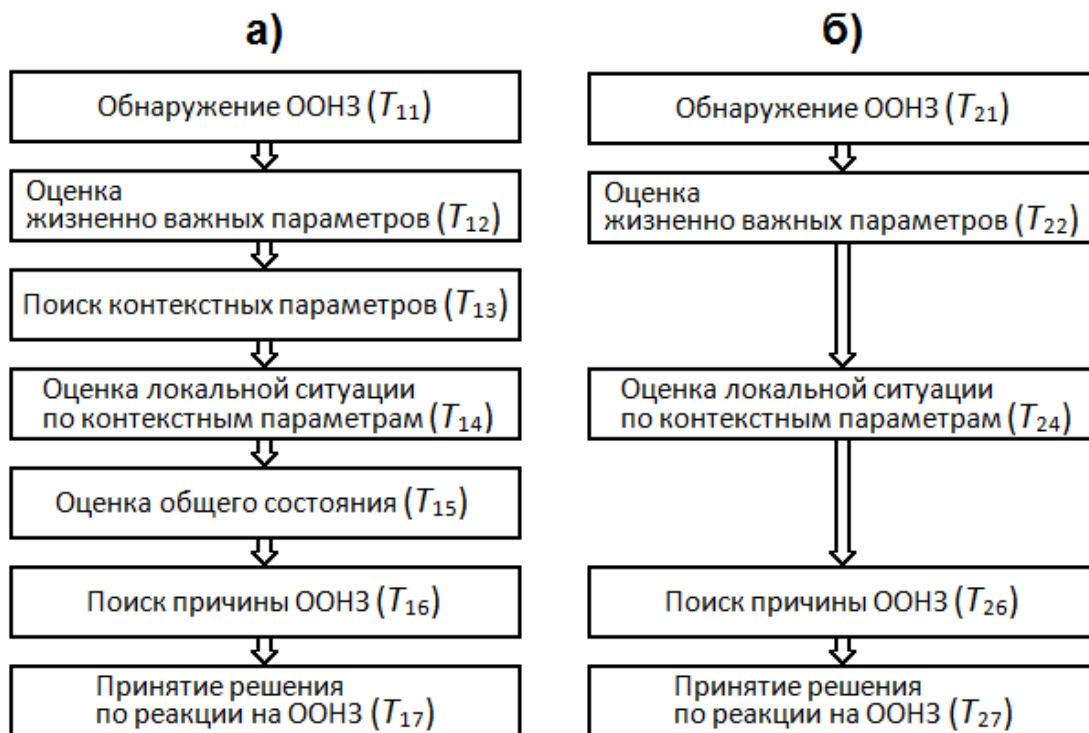


Рис. 2. Этапы деятельности человека-оператора без использования СКВ (а) и с ее использованием (б). В скобках – время, необходимое для выполнения этапа

В работе затронуто несколько определяющих аспектов интерфейсного обустройства взаимодействия человека-оператора и программно-аппаратных средств для систем мониторинга и управления сложными динамическими объектами. Описана организация визуальной поддержки логического анализа ситуации человеком-оператором на основе каузальных мнемосхем. Приведены основные принципы, которыми следует руководствоваться для создания такой поддержки. Отдельные предложенные решения были использованы при разработке конкретной системы [2].

Литература

1. Бигус Г.Ф., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А, Галкин Д. И. Диагностика технических устройств. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. 615 с.
2. Гучук В.В. Интерфейсное обустройство принятия управленческих решений при испытании сложных научно-технических объектов / Proceeding of the 2nd International Conference "Information Technologies for Intelligent Decision Making Support". Ufa: Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia, 2014. Volume 1. С. 118-124.
3. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации ТУСУР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ie.tusur.ru/books/COI/index.htm>.
4. Гучук В.В. Особенности визуализации для технологии предупреждающей критериальной адаптации // Приволжский научный вестник. 2015. № 3-1. С. 36-38.
5. Гучук В.В. Эргономические аспекты визуализации информационных параметров в системах контроля и управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 2. С. 81-84.
6. Илларионов А. В., Клименко Э. Ю., Неизвестный С.И. Самоучитель топ-менеджера. – М.: Альпина Паблишер, 2013. 648 с.

7. Резчиков А. Ф., Твердохлебов В. А. Причинно-следственные комплексы как модели процессов в сложных системах // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 7. С. 2-8.
8. Карибский В.В., Пархоменко П. П., Согомонян Е.С., Халчев В.Ф. Основы технической диагностики. - М.: Энергия. 1976. Кн. 1. 464 с.
9. Меньшиков В. А., Рудаков В. Б., Сычев В. Н. Контроль качества космических аппаратов при отработке и производстве. М.: Машиностроение/Машиностроение-Полет. 2009. 400 с.
10. Мандел Т. Дизайн интерфейсов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 372с.
11. Гусев В. Б., Павельев В. В. Использование непрерывных шкал при оценивании и принятии решений в сложных проблемных ситуациях. – М.: ИПУ РАН, 2013. – 118с.
12. Гучук В.В. Проектирование человеко-машинного интерфейса для систем испытания сложных научно-технических объектов// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. №12. С. 68-75.