

А.В. АСТАФЬЕВ, А.А. ОРЛОВ

**Комплексный анализ систем
визуализации и методов работы с
мнемоническими схемами для
мониторинга производственного
процесса на промышленных
предприятиях**

УДК 004.005

Муромский институт
(филиал) Владимирского
государственного
университета, г. Муром

В статье показана актуальность внедрения систем мониторинга оборудования на промышленных предприятиях. Проведен анализ, описание и сравнение систем мониторинга и систем визуализации производственных процессов. В ходе проведения комплексного анализа выявлены основные характеристики, функции и требования, предъявляемые к рассматриваемым системам и проанализированы существующие программные комплексы мониторинга оборудования. Приведены результаты оценок характеристик систем мониторинга и систем визуализации производственного процесса.

Затраты на обслуживание и ремонт являются одним из важнейших эксплуатационных показателей любой технической системы. Их минимизация в тех случаях, когда система является ремонтпригодной, практически невозможна без эффективного контроля состояния системы. Поэтому, в настоящее время, всё большую популярность обретают системы мониторинга оборудования.

Система мониторинга – это система, предназначенная для непрерывного измерения и регистрации основных параметров, в том числе предаварийных и аварийных режимов оборудования в процессе эксплуатации. Система мониторинга осуществляет контроль режимов работы, позволяет своевременно принимать необходимые меры в предаварийных ситуациях, анализировать и прогнозировать

техническое состояние, а также планировать объемы и сроки технического обслуживания оборудования [1].

Система производственного процесса представляет собой платформу для эмуляции, модельного проектирования и визуализации параметров производственного процесса. Она должна обеспечивать интерактивную графическую среду и настраиваемый набор библиотек блоков, которые позволяют проектировать и моделировать производственный процесс. Система должна взаимодействовать с объектами производства через среду коммуникаций. Каждый блок построен на соответствующей математической модели и реализует следующие функции:

- создание и редактирование структуры данных об объектах и соответствующих им виртуальных объектах (моделей);
- оперативное представление данных о состоянии работы объектов на экранах мониторов в реальном масштабе времени;
- наличие графического интерфейса системы мониторинга объектов производства.

Существующие системы управления и визуализации данных разрабатываются и адаптируются под тип оборудования в отделах различных предприятий.

Цель настоящей работы – определение требований к системам мониторинга и визуализации производственного процесса.

Для достижения поставленной цели на первом этапе был произведен анализ существующих систем мониторинга оборудования. Результаты представлены в [2].

Вторым этапом исследования является проведение анализа систем визуализации с целью выявления основных характеристик графического интерфейса.

Визуализация техпроцесса — способ отображения информации о состоянии технологического оборудования и параметрах технологического процесса на мониторе компьютера или операторской панели в системе автоматического управления в промышленности, предусматривающий также графические способы управления техпроцессом. Система визуализации должна учитывать требования, предъявляемые к человеко-машинному интерфейсу. Визуализация техпроцесса реализуется в ряде экранов или окон, которые могут представлять собой иерархическую систему. В основе системы ото-

бражения лежит мнемосхема техпроцесса, статическое изображение в визуально простой и интуитивно понятной форме показывающей элементы оборудования, возможно, обрабатываемые материалы и продукцию, и их взаимодействие, порядок обработки. Статическая мнемосхема оживляется — анимируется, отображая реальное состояние оборудования и сырья. При этом используются различные методы:

- 1) изменение цвета объекта в зависимости от его состояния. Например, в соответствии с требованиями эргономики, опасные или аварийные объекты окрашиваются в красный цвет. Можно также использовать мигающую (вспыхивающую) окраску;
- 2) изменение графического образа в зависимости от состояния объекта. Например, полный или пустой контейнер, положение ручки рубильника;
- 3) использование мультипликации, то есть последовательности быстро сменяющихся кадров;
- 4) перемещение объектов по экрану;
- 5) изменение размера объекта.

Современные средства вычислительной техники и мониторы обладают богатыми графическими возможностями, широкое использование которых может войти в противоречие с требованиями эргономики. Так, для отображения состояния системы нельзя использовать богатой цветовой палитры. Представление информации должно ограничиваться простыми и однозначно воспринимаемыми цветами (красный, зелёный, жёлтый, белый, чёрный, серый). Нельзя использовать и слишком мелкий шрифт в надписях. Чрезмерное увлечение динамическими картинками, например, мультипликацией отвлекает и утомляет оператора. Ухудшает восприятие и использование фотореалистичных изображений объектов. Для управления техпроцессом на мнемосхеме располагаются элементы графического интерфейса, чаще всего типовые для современного программного обеспечения: окна ввода-вывода, кнопки, ползунки (слайдеры). Кроме этого могут использоваться события, например, щелчки кнопками мыши, на элементах изображения. В дополнение к динамизированной мнемосхеме используются специальные или расположенные поверх мнемосхемы окна, в которых отображаются зависимости

параметров техпроцесса от времени, а также текстовые сообщения о состоянии системы и действиях оператора. Современные средства проектирования операторских систем управления SCADA, как правило содержат встроенные редакторы, позволяющие осуществить все задачи проектирования визуализации.[3]

В настоящее время можно выделить три типа систем визуализации, которые часто используются в системах проектирования интерфейса приложений и бизнес – проектов[4].

Для разработки графического интерфейса приложений используются системы визуализации, подобные системам, встроенным в среды разработки типа Delphi, Builder C++ и т.д. Эти системы визуализации были разработаны и модифицируются до настоящего времени фирмами разработчиками сред программирования, такими как Microsoft, Borland, Embarcadero и т.д.

Для разработки диаграмм бизнес – проектов используются системы визуализации, подобные системам, встроенным в такие среды как StarUML, RationalRose и другие. Эти системы разрабатывались исключительно для выполнения определённых задач проектирования бизнес – процессов[5].

Другим типом систем визуализации являются системы визуализации диаграмм бизнес – проектов, распространяющихся бесплатно. В отличие от систем визуализации, распространяющихся платно, эти системы значительно проще, но и имеют меньший набор функций.

Результаты комплексного анализа систем визуализации представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа систем визуализации

Наименование характеристики	Интерактивная среда приложения			
	StarUML и аналоги	Builder C++ и аналоги	Diagram Designer и аналоги	Системы мониторинга
Установление графических связей между объектами	+	-	-	+
Различные виды связей	+	-	+	+
Иерархичность структуры данных	+	+	-	+

Наименование характеристики	Интерактивная среда приложения			
	StarUML и аналоги	Builder C++ и аналоги	Diagram Designer и аналоги	Системы мониторинга
Автоматическое выравнивание объектов	-	+	-	-
Отдельное сохранение схем проекта	+	-	+	+
Экспорт в изображение	+	-	-	+
Визуальное редактирование элементов	+	+	+	+
Возможность сопоставления объектов с разным оборудованием	-	+	-	+

Во время проведения анализа были выделены основные характеристики, для сравнения этих систем, такие как установление графических связей между объектами, различные виды связей, иерархичность структуры данных и т.д.

Критерий «Установление графических связей между объектами» подразумевает возможность визуального управления связями между объектами, например связи между оборудованием для последовательной обработки одной заготовки. Этому критерию удовлетворяет только системы, используемые в программах моделирования, распространяющихся на платной основе – StarUML и аналоги.

Критерий «Различные виды связей» означает наличие различных типов подчинения между объектами, например движение деталей между станками, списание брака, разделение партий детали для параллельной обработки. Этому критерию соответствуют системы моделирования, распространяющиеся как на платной, так и на бесплатной основе – DiagramDesigner, StarUML и аналоги этих систем.

Характеристика «Иерархичность структуры данных» означает свойство системы разграничивать связи и размещение объектов, схем и диаграмм по уровням значимости и расположения. Таким образом, этим свойством обладают платные системы моделирования и системы разработки приложений.

Характеристика «Автоматическое выравнивание объектов» подразумевает наличие алгоритма автоматического выравнивания

размещаемых графических объектов относительно уже существующих объектов и границ схемы или диаграммы. Таким свойством обладают только новые версии систем разработки графических приложений.

Функция «Отдельное сохранение схем проекта» осуществляет сохранение отдельных законченных частей проекта для дальнейшего использования или написания документации. Таким свойством обладают бесплатные и платные системы моделирования – DiagramDesigner, StarUML и аналоги этих систем.

Функция «Экспорт в изображение» позволяет сохранять отдельные схемы проекта для дальнейшего использования. Представление схемы в виде графического файла позволяет использовать полученные результаты без привязки к определённому программному обеспечению.

Характеристика «Визуальное редактирование элементов» подразумевает возможность редактирования схем путем использования методов визуальной обработки графических данных: «drag&drop» (от англ. перетащить и бросить). Этой характеристикой обладают все рассматриваемые системы.

Под характеристикой «Возможность сопоставления объектов с разным оборудованием» подразумевается адаптируемость к объектам производства разного характера или разных производителей. Данной характеристикой обладают только системы разработки графических приложений – BuilderC++ и аналоги.

Комбинирование методов систем мониторинга и систем визуализации позволяет создать эффективный инструмент для диагностики и управления производственными мощностями, однако, это не единственное, что необходимо для нормальной работы системы. Для создания эффективной интерактивной среды необходимо также рассмотреть форму представления графических данных. Эта форма называется мнемосхема.

Мнемосхема - способ представления технологической информации в графическом виде. В зависимости от сложности проекта автоматизации система может содержать одну и более мнемосхем. При реализации проектов применяются современные TFT-мониторы с большой диагональю и, соответственно, с большим разрешением экрана. Эти меры позволяют создавать мнемосхемы, отображаю-

щие весь техпроцесс на одном экране, что несомненно сказывается на производительности работы оператора.

Наглядно отображая структуру системы, мнемосхема облегчает оператору запоминание схем объектов, взаимосвязь между параметрами, назначение приборов и органов управления. В процессе управления мнемосхема является для оператора важнейшим источником информации о текущем состоянии системы, характере и структуре протекающих в ней процессов, в том числе связанных с нарушением технологических режимов, авариями и т.п. (рис. 1).

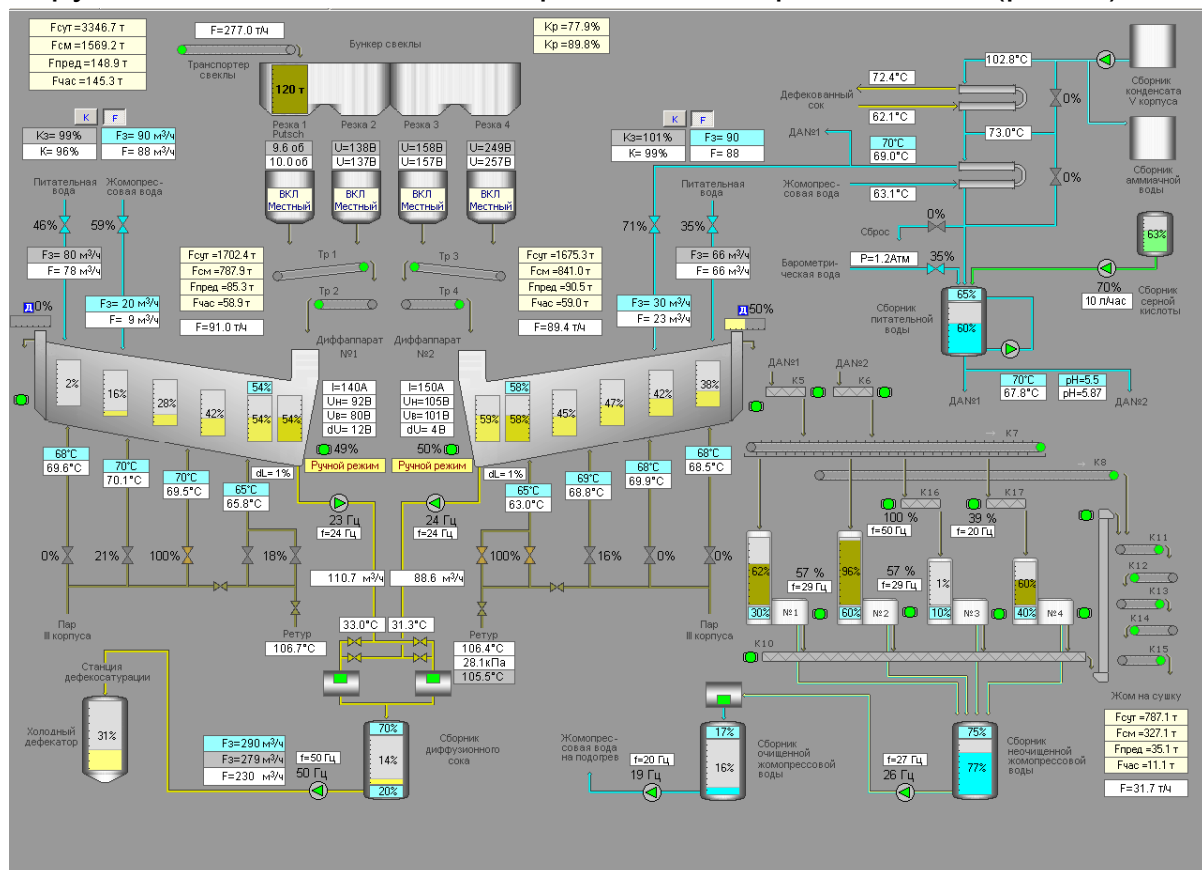


Рис. 1. Пример мнемосхемы техпроцесса

Мнемосхемы эффективно используют в случаях, когда:

- управляемый объект имеет сложную технологическую схему и большое число контролируемых параметров;
- технологическая схема объекта может оперативно изменяться в процессе работы.

В основу построения мнемосхем положен ряд принципов, выработанных в процессе многолетней практики их применения. 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, а символы сходных объектов и процессов необходимо по возможности объединять и унифицировать.

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. Структура должна отражать характер объекта и его основные свойства.

В соответствии с принципом пространственного соотнесения элементов контроля и управления расположение контрольно-измерительных и индикаторных приборов должно быть четко согласовано с расположением соответствующих им элементов управления, т.е. должен соблюдаться закон совместности стимула и реакции. [6]

Создание мнемосхем опирается на использование стандартных предопределённых объектов. Рассмотрим набор компонентов, достаточный для реализации мнемосхем различного уровня сложности:

- 1) Метка - отображение значения тега в текстовом виде. Формирование текста, его цвет и фон может задаваться централизованно в конфигурации.



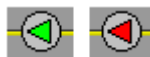
- 2) Кнопка - отображение состояния тега и управление с помощью кнопки.



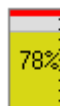
- 3) Маячок - отображение состояния тега с помощью разноцветных фигур. Поддерживается "невидимость" и "моргание".



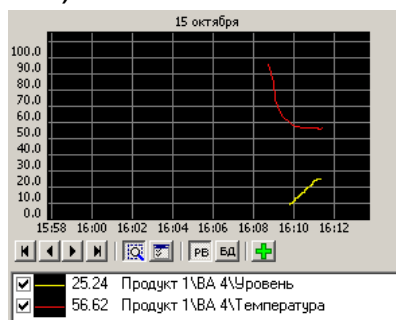
- 4) Контейнер картинок - отображение значения тега с помощью контейнера картинок. Поддерживается "невидимость" и "моргание".



- 5) Шкала - отображение значения тега в виде столбика. Поддерживается отображение граничных значений.



- 6) График тренда - отображение значений тегов в виде тренда (временного графика).



- 7) Звуковое сообщение - формирование звуковых сообщений в соответствии со значениями тегов. Поддерживаются как одиночные, так и повторяющиеся звуковые сообщения.



Разработку мнемосхем можно разбить на следующие шаги:

- рисование в графическом редакторе фоновых картинок;
- создание окон для мнемосхем из шаблона;
- "набрасывание" визуальных компонентов (метки, контейнеры картинок и т.д.) на форму;
- настройка свойств визуальных компонентов;
- "привязка" тегов из конфигурации проекта к визуальным компонентам;

- программирование, при необходимости, дополнительной функциональности приложения.

Особенностями процесса производства на промышленных предприятиях являются:

- наличие объектов производства типа склад, станок, поточная линия;
- в состав производственного процесса входят несколько уровней детализации, от процесса в целом, до обработки детали на конкретном станке;
- возможность изменения параметров оборудования в режиме реального времени;
- составление отчетов и графиков о работе цеха и оборудования;
- возможность отслеживания времени простоя, движения деталей, работы оборудования.

Исходя из перечисленных особенностей выделим основные функции и требования систем мониторинга процесса производства на промышленных предприятиях.

Основными функциями таких систем являются:

- непрерывный мониторинг производственного процесса;
- представление данных о состоянии производственного процесса на экране монитора с требуемой степенью детализации;
- управление (создание, выбор, перемещение, редактирование, удаление) блоками (мнемосхемой) и структурами данных об объектах мониторинга;
- управление блоками и структурами данных о подразделениях предприятия, включающих в себя группы объектов мониторинга;
- вывод временных диаграмм и таблиц о состоянии объектов производства за заданный период времени;
- сохранение информации в журнале событий и формирование протоколов по запросу пользователя.

Основными требованиями предъявляемыми к этим системам являются:

- обеспечение гибкости настройки системы (т.е. возможность оперативной перестройки модели в соответствии с изменяемыми параметрами структуры производственного процесса);

- обеспечение интерфейса с системой сбора данных с датчиков состояний объектов производства;

- одновременная работа нескольких пользователей;

- несколько уровней доступа к системе, гарантирующих безопасность объекта связи;

- возможность формирования отчетов о состоянии объектов за выбранный период времени;

- графический интерфейс системы интуитивно понятен и помогает быстро получить важнейшую информацию о состоянии оборудования;

- мнемосхема включает стрелки с числовыми транспарантами и блоки объектов отображающих производственные участки, склады либо агрегаты;

- стрелки отображают движение продукции между объектами цеха нарастающим итогом с начала смены, суток и месяца, а объект отображает данные по текущему производству (три варианта, с указанием количества продукции: поступившей на участок, прошедшей через участок из одного места, поступившей на участок из нескольких мест);

- четыре варианта отображения производственного участка (с мониторингом количества продукции, с мониторингом агрегатов участка, с тем и другим, с отображением времени простоя);

- три варианта отображения производственных размещений (с указанием количества продукции, с указанием количества продукции различного типа, с указанием количества брака);

- возможность построения графиков, гистограмм, смешанных графиков с накоплением, по суткам, по часам;

- табличное представление данных, как в виде отдельного документа, так и в виде детализаций и расшифровок значений графиков, диаграмм и таблиц.

Таким образом, в ходе проведённой работы был выполнен анализ существующих систем мониторинга производственного оборудования (определены важные функции и характеристики, выполнена их оценка), позволяющий выбрать для использования подходящую в конкретном случае систему и определить перечень требований для разработки собственной системы мониторинга.

Литература

1. *Соловьёв, А.* Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования [Текст] // А. Соловьёв, А. Ширман. - М: под редакцией Р.В. Васильева, 1996. 276 с.
2. *Орлов, А.А.* Комплексный анализ систем мониторинга оборудования на производственных предприятиях [Текст] // Орлов, А.А., Астафьев А.В., Провоторов А.В. – Алгоритмы, методы и системы обработки данных. Сборник научных трудов. Выпуск 15 – 2010. С.131-136.
3. Образовательный сайт об АСУ ТП. Человеко-машинный интерфейс в АСУ ТП [Электронный ресурс] // http://prodcs.ru/HMI_PART1.htm
4. *Маклаков, С.В.* BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем // С.В. Маклаков – М.: Диалог-Мифи, 1999. –256 с.
5. *Волчков, С.А.* Моделирование для непрерывного улучшения бизнес-процессов на базе стандартов ERP и ИСО 9001 от 2000 года [Текст] // Волчков С.А., Балахонова И.В. - Методы менеджмента качества – 2001. - №2. С.14-15.
6. Электронные средства сбора, обработки и отображения информации [Электронный ресурс] // <http://www.ie.tusur.ru/books/COI/index.htm>