

Диагностика и испытание изделий и технологического оборудования на базе современных информационно-измерительных систем.

1. Введение

До внедрения в производственный цикл информационно-измерительных систем (ИИС) функции диагностики оборудования выполнял человек. От квалификации и опыта сотрудников, а также их настроения и других субъективных факторов, зависел успех работы предприятия.

При испытаниях изделий производства также основную роль играл субъективный фактор. Это было вызвано тем, что интерпретацию результатов и составление паспорта испытаний проводил специалист предприятия.

Уже в те времена было понятно, что необходимо искать более объективные методы в диагностике и испытании. Однако, только с появлением ИИС стало возможным решить эту задачу.

Сегодня каждое предприятие, так или иначе, решает проблемы диагностики и испытания на современных ИИС. При этом, предприятие сталкивается с рядом трудностей, связанных с выбором диагностико-испытательного оборудования (ДИО) и методик. Причинами этого в первую очередь являются:

- разработка плана оптимизационного внедрения ДИО.
- оптимальный для данного предприятия подбор ДИО и методик;
- правильная настройка ДИО для данного класса задач;

При правильной постановке вопроса предприятие может с минимальными затратами и сроками значительно улучшить работу производственных циклов, тем самым уменьшая затраты и увеличивая качество выпускаемых изделий.

В данной работе предложена методика внедрения ДИО (параграф 2), а также приводится описание двух типов ДИО (параграфы 3 и 4) и программного обеспечения (параграф 5), выпускаемых мировым лидером подобных систем фирмой Agilent Technologies (до 1998г. – часть фирмы Hewlett-Packard).

2. Модель модернизации предприятия при внедрении диагностико-испытательного оборудования.

Все работы и их результаты (события) по внедрению оборудования на предприятии нанесем на сетевой граф, например

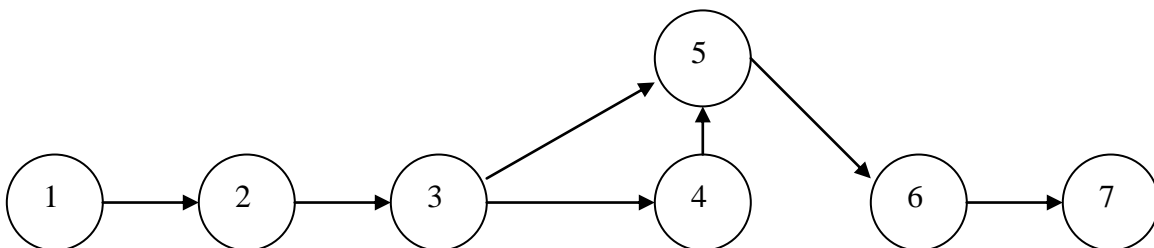


Рис.1

Здесь введены обозначения: $\bigcirc K$ - k-ое событие, \longrightarrow - работа по внедрению.

В условиях неопределенности последовательности работ строится подграф только того этапа работ, который определен. Дальнейшая последовательность работ определится после выполнения работ по известному подграфу.

Разобьем граф на рис.1 на независимые части. Независимая часть графа – это совокупность событий и работ, где зависимые работы объединены в единое событие. Так из графа на рис.1 независимые части будут выглядеть следующим образом

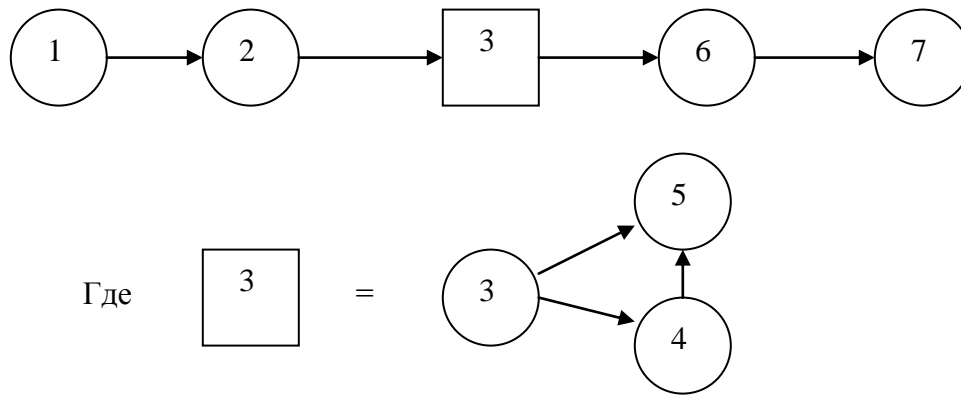


Рис.2

Будем проводить анализ независимого графа. Методика проведения работ зависимой части графа подробно освещена в работах посвященных исследованиям сетевого планирования. Будем называть «узким» местом тот участок предприятия, где внедрение ДИО позволит увеличить производительность оборудования и тем самым уменьшить себестоимость выпускаемой продукции. Причем этот участок может быть как технологическим оборудованием, так и испытательным стендом.

Обозначим Δx_i - прибавка к себестоимости единицы продукции из-за наличия «узкого» места на i -ом участке. N - общее количество «узких» мест.

Общая прибавка к себестоимости продукции из-за наличия «узких»

$$X_N = \sum_{i=1}^N \Delta x_i, \quad (1)$$

а общая себестоимость продукции

$$X = X_0 + X_N, \quad (2)$$

где X_0 - ожидаемая себестоимость после внедрения системы ДИО. Величина X на предприятии известна точно.

Пусть m_i - единиц продукции или ее частей, проходящее через i -ый «узкий» участок в единицу времени.

Обозначим:

y_i - стоимость внедрения ДИО на i -ом «узком» участке;

t_i - время, требуемое на внедрение ДИО на i -ом «узком» участке;

Δm_i - общая потеря пропускной способности в единицу времени во время проведения работ по внедрению ДИО на i -ом «узком» участке;

$$X_0 = \sum_{i=1}^N x_i .$$

Как правило, величины $\Delta x_i, t_i, \Delta m_i$, а иногда и y_i точно неизвестны и они могут быть случайными, характеризующиеся своими законами распределения, а значит своими числовыми характеристиками – средним значением (математическим ожиданием) и дисперсией.

Далее среднее значение будем обозначать с черточкой наверх ($\overline{\Delta x_i}, \overline{t_i}, \dots$), а дисперсию $\sigma^2(\Delta x_i)$ и т.д.

Как обычно принято в системах сетевого планирования распределение подчиняется закону β - распределению.

Для простоты изложения ограничимся рассмотрением времени проведения работ t_i . Для остальных величин все нижесказанное справедливо.

β - распределение имеет вид



Для определения t_i и $\sigma^2(t_i)$ необходимо предварительно провести анализ работы оборудования на i -ом участке и провести опрос ответственных исполнителей на данном участке.

На основании этого опроса можно определить:

- оптимистическую оценку t_{i0} ;
- пессимистическую оценку t_{in} ;
- наиболее вероятную оценку t_{inb} .

Тогда исходя из теории β - распределения можно вычислить:

$$\bar{t}_i = \frac{t_{i0} + 4t_{inh} + t_{in}}{6}; \quad \sigma^2(t_i) = \left[\frac{t_{in} - t_{i0}}{6} \right]^2 \quad (3)$$

Если специалистам сложно оценить величину t_{inh} , тогда следует воспользоваться формулой

$$\bar{t}_i = \frac{2t_{i0} + 3t_{in}}{5} \quad (3')$$

Тогда применяя центральную предельную теорему Ляпунова (при достаточно большом количестве «узких» мест) можно найти, что среднее время выполнения всех работ и общая дисперсия будут

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^N \bar{t}_i; \quad \sigma^2(t) = \sum_{i=1}^N \sigma^2(t_i) \quad (4)$$

Однако, предварительный анализ сетевого графа со случайными величинами обычно не ограничивается продолжительностью работ, уменьшению себестоимости, расходами и пропускной способностью. Важна оценка того, что эти величины должны быть чем-то ограничены. Например, общее время продолжительности работ не должно превышать величину T , стоимость работ не может быть выше Y . Что касается себестоимости и пропускной способности, то здесь тоже можно поставить некоторые ограничения.

Для времени выполнения работ предполагаем, что она имеет нормальный закон распределения, тогда

$$P(t \leq T) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{T - \bar{t}}{\sigma(t)}\right) \quad (5)$$

где $P(t \leq T)$ - вероятность того, что время выполнения работ будет не больше T ; $\Phi(z)$ - значение интеграла вероятностей Лапласа; $\sigma(t) = \sqrt{\sigma^2(t)}$.

Максимальные затраты на внедрение будут складываться из двух составляющих

$$\sum_{i=1}^N y_i + \sum_{i=1}^N \Delta m_{it_i} x_i \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^N y_i$ - затраты на внедрение;

$\sum_{i=1}^N \Delta m_{it_i} x_i$ - потери, связанные с внедрением.

Здесь и далее все величины понимаются как средние и черточки снимаем.

Обычно при внедрении или модернизации предприятия опираются на формулу (6).

При оптимизационном плане внедрения следует использовать другой алгоритм расчета затрат.

Предположим, что выявлены «узкие» места данного этапа работ и рассортированы от более «узкого» к менее «узкому». Определена последовательность работ. В этой последовательности учитывается и то обстоятельство, что при расширении «узкого» места до величины другого «узкого» места работы надо проводить на обоих «узких» местах до тех пор, пока не выйдем на величину третьего узкого места и т.д.. В некоторых случаях алгоритм

меняется в силу тех или иных причин. Однако, в любом случае, необходимо построить оптимизированный график работ.

При проведении работ на самом «узком» участке необходимые затраты будут

$$y_1 + \Delta m_1 x_1 t_1 \quad (7.1)$$

Здесь выигрыша не получается, но при этом вкладываются минимальные средства. На следующем участке затраты составят

$$y_2 + \Delta m_2 x_2 t_2 - (\tau_2 + t_2) m_1 \Delta x_1 \quad (7.2)$$

где τ_2 - время ожидания начала работ на втором участке.

Величина $(\tau_2 + t_2) m_1 \Delta x_1$ это дополнительная прибыль, получаемая после проведения внедрения на первом участке.

Очевидно, для того, чтобы ограничиться вложением минимальных средств (7.1) требуется выполнение условия

$$\tau_2 m_1 \Delta x_1 \geq y_2 + \Delta m_2 x_2 t_2 \quad (8)$$

Из этого следует вывод, что если время внедрения не критично или у предприятия мало средств на внедрение, то при внедрении следует выполнить условие (8). Таким образом, исходя из плана затрат можно построить оптимизационный алгоритм.

На третьем участке затраты будут

$$y_3 + \Delta m_3 x_3 t_3 - (\tau_3 + t_3) m_1 \Delta x_1 - (\tau_3 + t_3) m_2 \Delta x_2 \quad (7.3)$$

На i -ом участке получим

$$y_{i3} + \Delta m_i x_i t_i - \sum_{k=1}^i (\tau_i + t_i) m_{k-1} \Delta x_{k-1} \quad (7.i)$$

Просуммировав формулы (7) получим общие затраты

$$\sum_{i=1}^N \left[y_i + \Delta m_i x_i t_i - (\tau_i + t_i) \sum_{k=1}^i m_{k-1} \Delta x_{k-1} \right] \quad (9)$$

Сравнивая (6) и (9) видим, что получаемый выигрыш по данной методике будет

$$\sum_{i=1}^N (\tau_i + t_i) \sum_{k=1}^i m_{k-1} \Delta x_{k-1} \quad (10)$$

Чтобы понять полученный результат (10), введем средние по всем работам величины

$$y_i = y; \Delta m_i = \Delta m; x_i = x; t_i = t; \tau_i = \tau; \Delta x_i = \Delta x$$

Тогда формула (6) будет иметь вид

$$N(y + \Delta mxt)$$

а формула (10)

$$(\tau + t)m\Delta x \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^i 1 = (\tau + t)m\Delta x \sum_{k=0}^N (k+1)(N-k) \quad (11)$$

Формула (9) примет вид

$$N(y + \Delta mxt) - (\tau + t)m\Delta x \sum_{k=0}^N (k+1)(N-k) \quad (12)$$

Чтобы в период внедрения не было потерь в производстве при непрерывном процессе работ, должно выполняться условие, вытекающее из формулы (12)

$$\frac{\sum_{k=0}^N (k+1)(N-k)}{N} \cdot \frac{\Delta x}{x} > \frac{\Delta m}{m} \quad (13)$$

График функции $f(N) = \frac{\sum_{k=0}^N (k+1)(N-k)}{N}$ приведен на рис.3

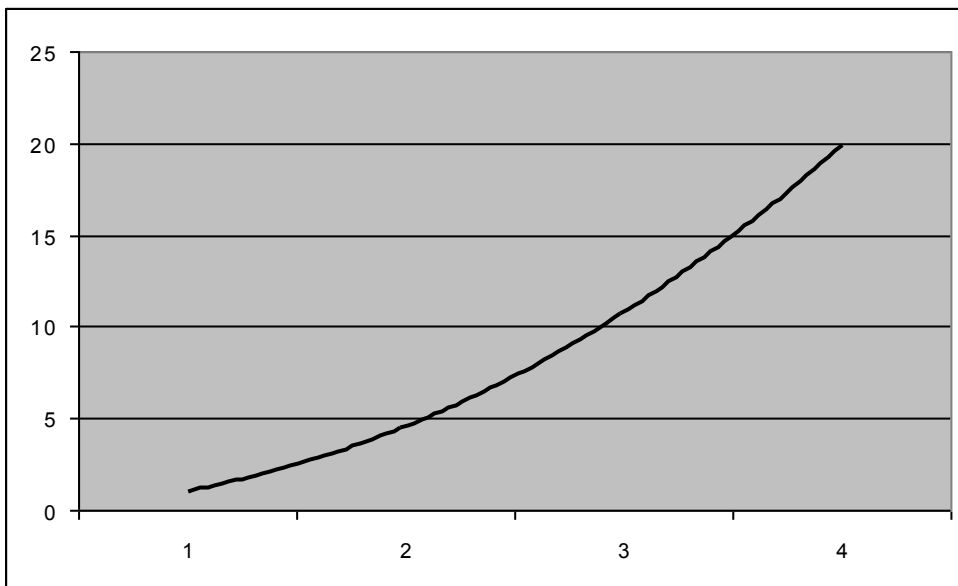


Рис.3

Из вида графика можно сделать основной вывод: чем больше найдено «узких» мест, тем в экспоненциальной зависимости уменьшается требование на получение прибыли с каждого «узкого» места.

Согласно вышесказанному при правильном планировании внедрения ДИО, любое предприятие можно усовершенствовать при минимальных затратах. Данная методика ко всему прочему применима и для предприятий, которые необходимо выводить из кризиса.

Чтобы эффект внедрения был значительным, необходимо правильно подобрать оборудование. Ниже рассмотрены два типа оборудования для проведения диагностических и испытательных работ.

3. Диагностика и измерение на базе коммутирующего мультиметра Agilent 34970A

Данный прибор можно использовать как базовый для построения ДИО, когда измеряемые параметры медленно меняются во времени (десятые доли секунд).

Главными отличительными особенностями прибора HP 34970A является сочетание превосходных метрологических характеристик встроенного мультиметра, конфигурируемости под широкий спектр прикладных задач регистрации и сбора данных, а также самого низкого соотношения цена/производительность по сравнению с аналогичными системами, предлагаемыми на рынке.



Широкие функциональные возможности прибора при использовании его в качестве **системы регистрации данных** позволяют:

коммутировать до 120 каналов аналоговых входных сигналов;

- измерять постоянное и переменное напряжение, температуру (с использованием термопар, термисторов и резистивных температурных датчиков), сопротивление (с 2- и 4-проводным подключением к объекту), постоянный и переменный ток, частоту и период;
- запоминать до 50 тысяч показаний с метками времени в энергонезависимой памяти с возможностью их последующего вызова для анализа, обработки и документирования;
- конфигурировать любой из каналов на измерение определенной физической величины, преобразование показаний в единицы другой физической величины и формирование аварийных сигналов при выходе показания за установленные пределы (предел);
- анализировать данные и конфигурировать прибор под конкретную прикладную задачу на PC с помощью программного обеспечения, поставляемого ЗАО "НТНК".

Примечание: Системы регистрации данных используются как средство контроля физических параметров (напряжения, температуры и т.д.) в течение длительных периодов времени для обнаружения нештатных ситуаций. Примерами конкретных прикладных задач для подобных систем являются контроль внутрикамерных параметров, проверка электронных компонентов, испытания аппаратуры, поиск и локализация неисправностей в технологических процессах, контроль теплового режима.

Широкие функциональные возможности блока при использовании его в качестве **автоматической испытательной системы (сбор данных)** позволяют:

- выполнять конфигурацию под конкретные прикладные задачи, используя встроенный 6,5-разрядный мультиметр и сменные модули, в состав которых входят низкочастотные и высокочастотные мультиплексеры, матричные коммутаторы, коммутатор общего назначения, многофункциональный модуль цифрового ввода/вывода, аналоговых выходных сигналов и счета событий;
- коммутировать до 120 однопроводных каналов измеряемых входных аналоговых сигналов или осуществлять маршрутизацию сигналов по 96 каналам матричных коммутаторов;

- передавать данные измерений со скоростью до 250 каналов в секунду;
- использовать возможности встроенных интерфейсов HP-IB и RS-232.

Вариант прибора без встроенного мультиметра можно эффективно использовать в качестве **блока коммутации/маршрутизации сигналов** в составе автоматизированной системы контроля.

К **дополнительным достоинствам** HP 34970А относятся также: наличие драйверов для различных языков программирования, компактность (88,5 x 202,6 x 348,3 мм), небольшая масса (3.6 кг), стандартная гарантия (3 года).

Использование данного прибора в качестве основы для создания стенда позволяет автоматизировать диагностику и испытания в различных отраслях промышленности. В качестве системы управления прибором, передачи информации и создание паспорта оборудования при испытаниях можно использовать различные системы разработки программного управления. Для примера на рис.4 приведен пользовательский интерфейс испытания компрессорных установок, где в качестве системы разработки была использована система программирования измерительного оборудования Agilent VEE Pro.

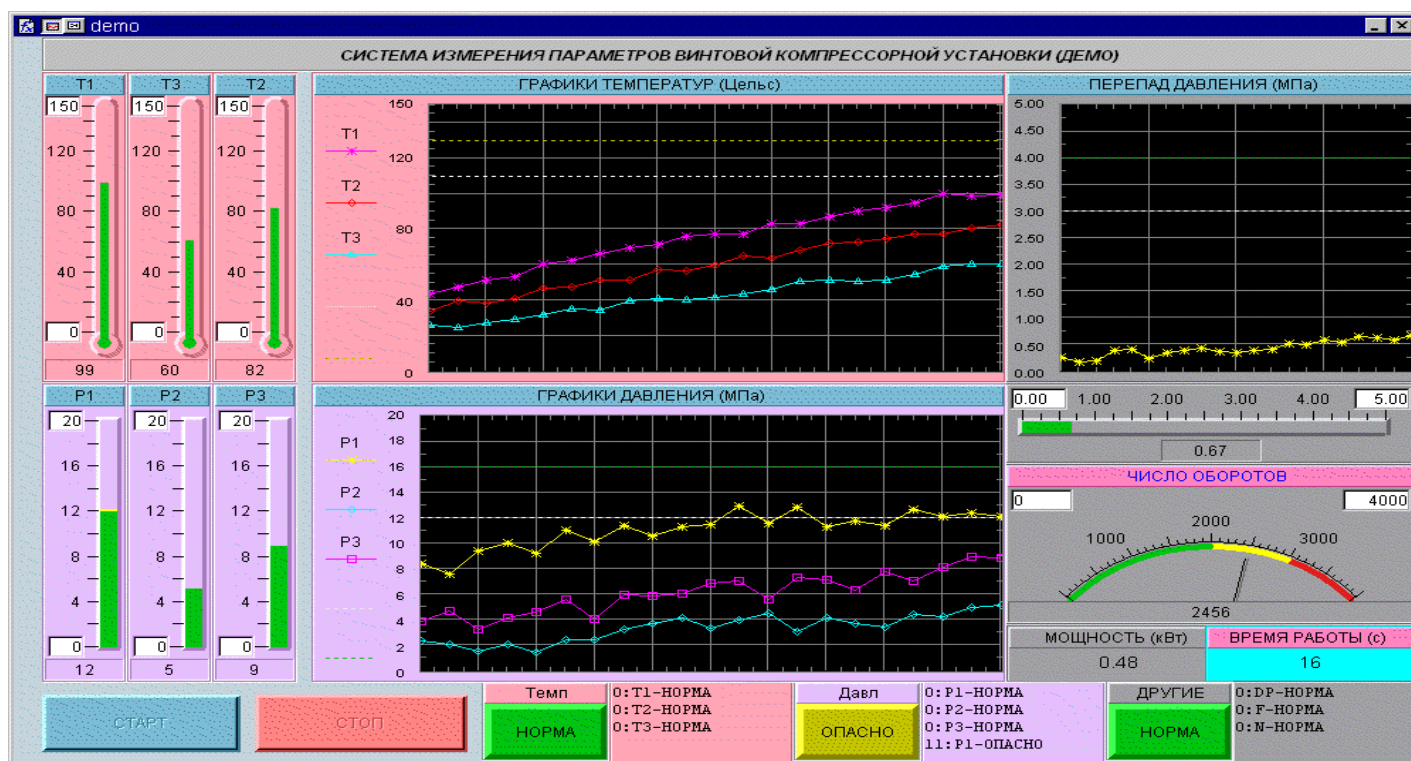


Рис.4

5. Диагностика и измерение на базе VXI систем.

Для создания сложных диагностических и измерительных комплексов с большим числом каналов, включающие «быстрые» каналы разработана система VXI (рис.5)

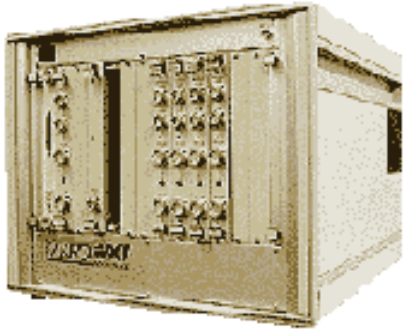


Рис.5

В настоящее время система VXI считается наиболее перспективным для **создания контрольно-диагностических и высокоточных измерительно-управляющих систем и комплексов** самого различного назначения. Данная система имеет устойчивую тенденцию к техническому совершенствованию и расширению областей применения.

В настоящее время большинство предприятий в мире сделали ставку на VXI систему. Особую популярность этот стандарт приобретает при автоматизации испытаний и исследований сложных технических объектов и комплексов, при создании измерительных систем и систем диагностики, где точность измерений и надежность оборудования является основным фактором при внедрении новой техники.

В рамках стандарта на шину VXIbus – основу VXI систем разработчики системы совместили преимущества двух подходов к построению измерительно-диагностических систем - на базе модульно-магистрального и приборно-стоечного исполнения. Такое исполнение решает ряд проблем, имеющиеся у других систем:

- гибкость и простое изменение архитектуры системы под нужды различных задач;
- высокую точность измерения;
- высокая скорость обмена по шине VXIbus между модулями;
- невысокая стоимость и малые габариты систем.
- помехо-защищенность;
- функциональную законченность приборов и возможность их автономного использования;

Система VXI конструктивно представляет собой один или несколько соединенных между собой специальной магистралью крейтов (корзин). В эти крейты вставляются модули VXI стандарта. Модули могут быть различного назначения:

- командные модули и встроенные компьютеры, осуществляющие управление шиной VXI и синхронизацию работы крейта с внешними устройствами;
- цифровые мультиметры;
- аналого-цифровые преобразователи;
- дигитайзеры и осциллографы;
- счетчики и таймеры;
- цифро-аналоговые преобразователи;
- генераторы и источники электрических сигналов;
- модули цифрового ввода/вывода;

- мультиплексоры и модули ключей;
- релейные мультиплексоры;
- RF-мультиплексоры и переключатели;
- матричные переключатели;
- модули силовых ключей;
- модули специального назначения.

Из перечня модулей, которые могут быть использованы в VXI системах, видно, что на подобных системах могут решаться большинство задач, стоящих перед предприятием. Нужно отметить, что производители систем VXI создали консорциум из ведущих фирм производителей измерительного оборудования, где ведущую роль играет фирма Agilent Technologies. Поэтому модули от разных производителей могут содержаться в одном кейсте без ущерба для производительности системы.

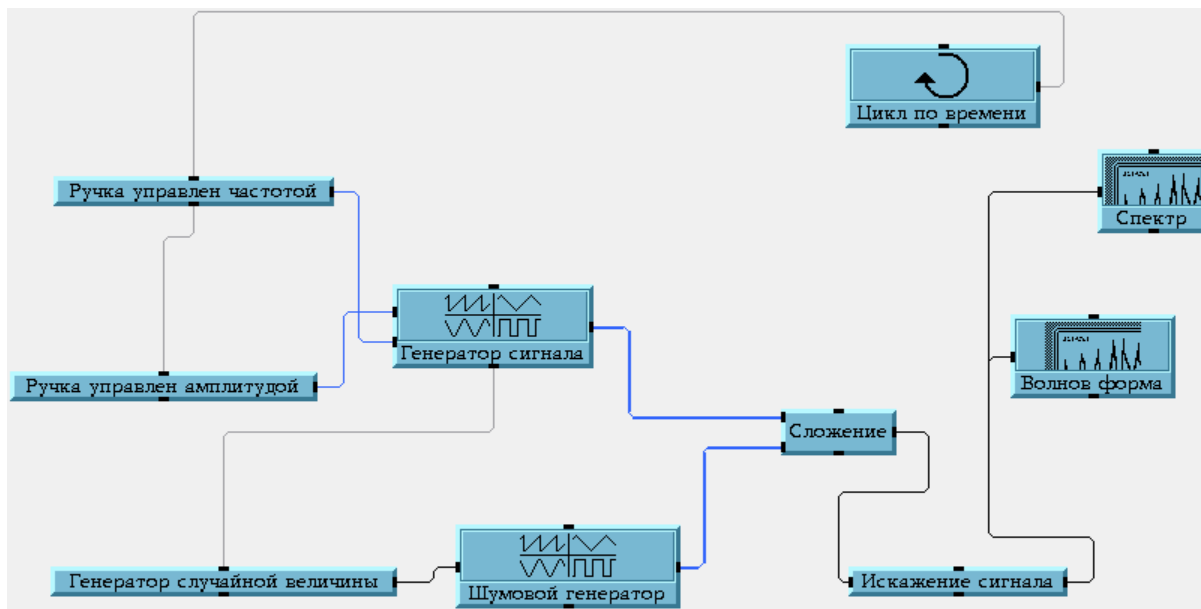
Применение VXI систем в промышленности разнообразно. Основными отраслями, где в качестве ДИО используются такие системы, являются: машиностроение, транспорт, добывающие и перерабатывающие, энергетика, самолето-ракетостроение, оборона, предприятия коммунальных служб и др.

Мощность систем VXI позволяют проводить диагностику не только отдельных участков производства, но и целого предприятия.

6. Система создания инженерных приложений Agilent VEE.

Agilent VEE (Visual Programming Language) – это визуальный язык программирования, разработанный известной фирмой Hewlett-Packard (теперь Agilent Technologies), предназначенный в первую очередь для решения задач управления устройствами и приборами, автоматизации процесса измерения, создание различных инструментальных тестов.

Основная особенность в технике программирования на Agilent VEE это простота изучения и программирования на данном языке (даже люди никогда не программировавшие могут научиться создавать серьезные программы за считанные дни) и наглядность кода программ. Если обычные программы состоят из набора строк, разобраться в которых довольно сложно, то программы на HP VEE выглядят подобно блок-схемам и понятны людям, не писавшим данную программу. Ниже приведен пример кода программы на Agilent VEE.



Кроме того, по созданному коду легко создать пользовательский интерфейс, подобно тому, как это создается в Windows программах (см.рис.4).

Ниже перечислены другие особенности Agilent VEE.

- простота создания программ для работы с приборами и платами по стандартным интерфейсам;
- возможность создавать приложения с использованием технологии ActiveX;
- встроенный в Agilent VEE Web-сервер позволяет управлять приборами через удаленный интерфейс Agilent VEE;
- простота отладки программ, написанных на Agilent VEE;
- простота создания отчетов;
- большое количество драйверов для различных приборов и плат;
- возможность быстрого написания драйвера для любого прибора и платы.