

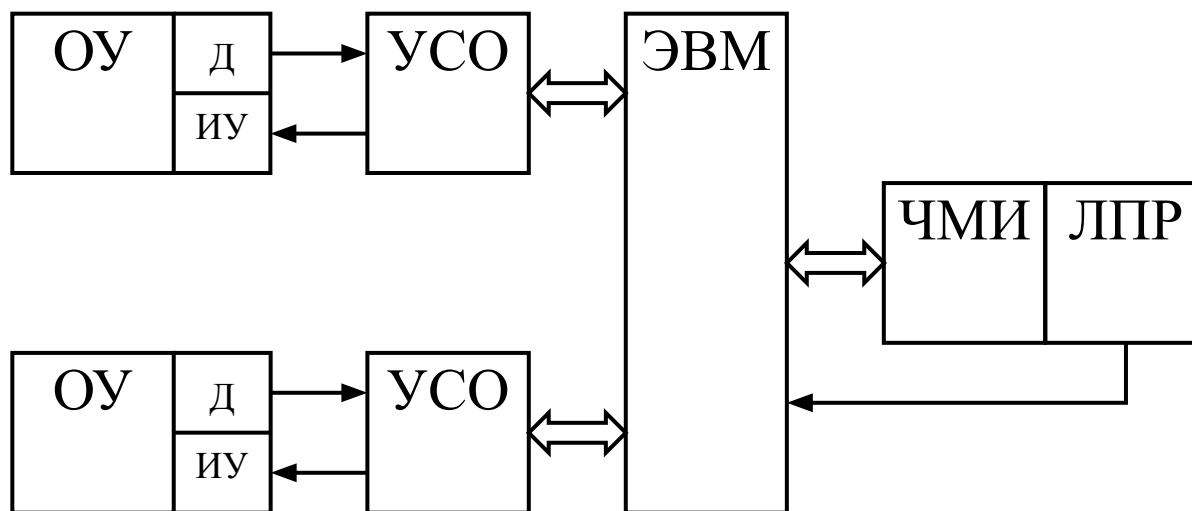
# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

## Литература

1. Карасев В.В. Автоматизированные информационно-управляющие системы: Учеб. пособие. – Рязань: РГРТУ, 2013. 64 с.
2. Сумнительнов В.Н. Автоматизированные информационно-управляющие системы: Учеб. пособие. – М.: МГУЛ, 2006. 174 с.
3. Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системах. Таганрог, ТУ ФГОУ «ЮФУ», 2007. - 78 с.
4. LabVIEW для всех / Джеффри Тревис: Пер. с англ. Клушин Н. А. – М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005.

# Общая характеристика АИУС

АИУС – это человеко-машинная система контроля и управления объектом или процессом на основе комплексного анализа поступающей информации с возможностью принятия решения в реальном времени.



Объект управления (ОУ), устройство сопряжения с объектом (УСО) и ЭВМ образуют цифровую систему автоматического управления (САУ). Она работает в режиме «жёсткого» реального времени.

Все САУ, охваченные обратной связью через лицо, принимающее решение (ЛПР) образуют автоматизированную систему управления (АСУ). Она работает в режиме «мягкого» реального времени.

Соотношение между автоматическим и «ручным» управлением может быть различным: от преимущественно автоматического - в АСУТП до преимущественно человеческого – в АСУП в части управления персоналом

С точки зрения специалиста в области информационных технологий ИУС предназначена для сбора, обработки и выдачи руководителям информации, необходимой для принятия управленческих решений и контроля их выполнения.

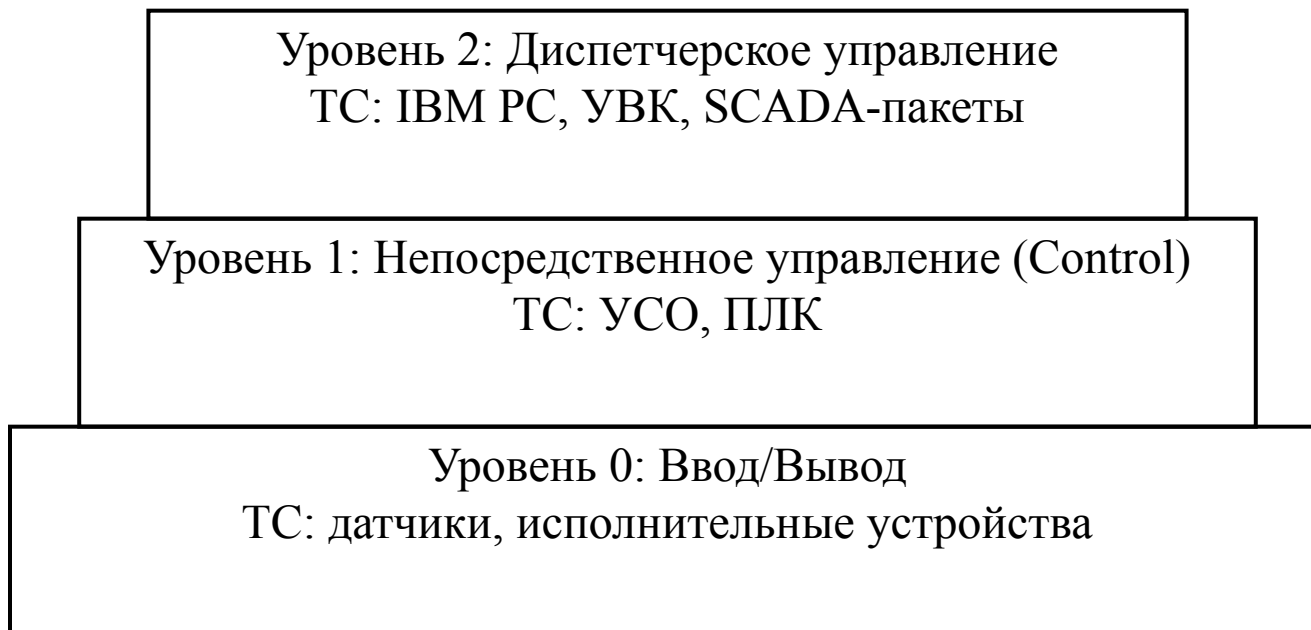
В АИУС решаются следующие информационные задачи:

- Сбор и комплексная обработка текущей информации об объекте управления и окружающей среде
- Обеспечение руководящих работников информацией, необходимой для принятия решений
- Информационный обмен между различными звеньями управления
- Хранение информации и представление ее потребителю в удобной для него форме

# Разновидности АИУС в зависимости от типа ОУ

## 1. Автоматизированная система управления технологическим процессом – АСУТП.

Представим упрощенную архитектуру АСУТП



*Нулевой уровень* включает набор датчиков и исполнительных устройств. Они встраиваются в соответствующие узлы технологического оборудования и предназначены для получения первичной информации и реализации управляющих воздействий.

*Первый уровень* служит для непосредственного автоматического управления технологическим процессом с помощью различных устройств сопряжения с объектом и программируемых логических контроллеров(ПЛК)

Технические средства первого уровня должны обеспечивать:

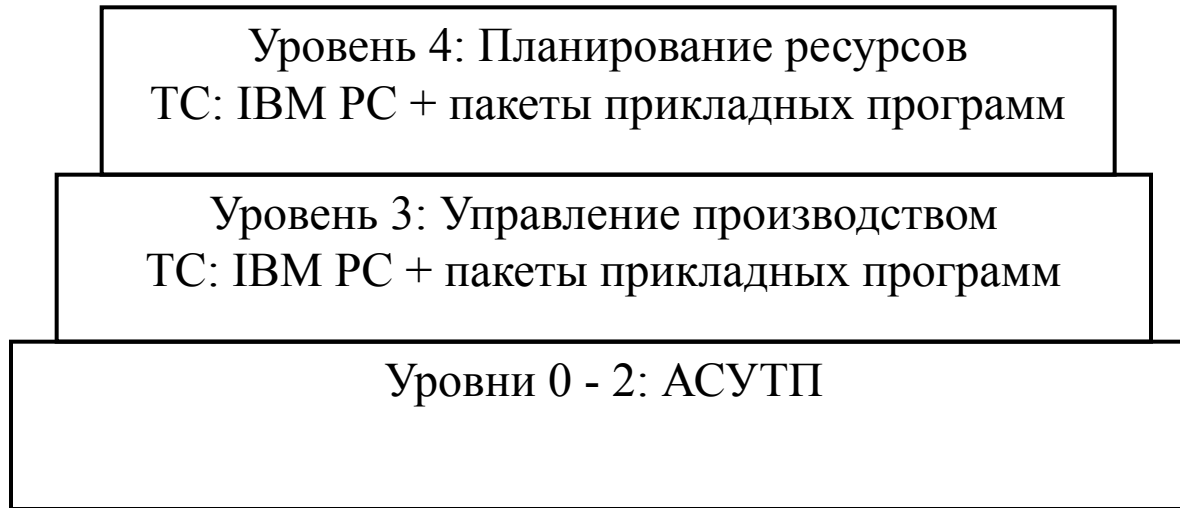
- работу в режиме жесткого реального времени;
- возможность встраивания в основное оборудование;
- возможность автономной работы при отказах комплексов управления верхних уровней.

*Второй уровень* предназначен для отображения данных о производственном процессе и оперативного управления различными агрегатами. Этот уровень получил название SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition –диспетчерское управление и сбор данных ).

Второй уровень управления должен обеспечить:

- диспетчерское наблюдение за ТП по его графическому отображению на экране в реальном масштабе времени;
- расчет и выбор законов управления, настроек и уставок, соответствующих заданным показателям качества управления;
- контроль работоспособности оборудования первого уровня;
- связь с уровнями АСУП.

## 2. Автоматизированная система управления предприятием – АСУП.



*Третий уровень - MES: (Manufacturing Execution System – средства управления производством) выполняет упорядоченную обработку информации о ходе изготовления продукции в различных цехах, обеспечивает управление качеством и является источником информации в реальном времени для верхнего уровня управления предприятием.*

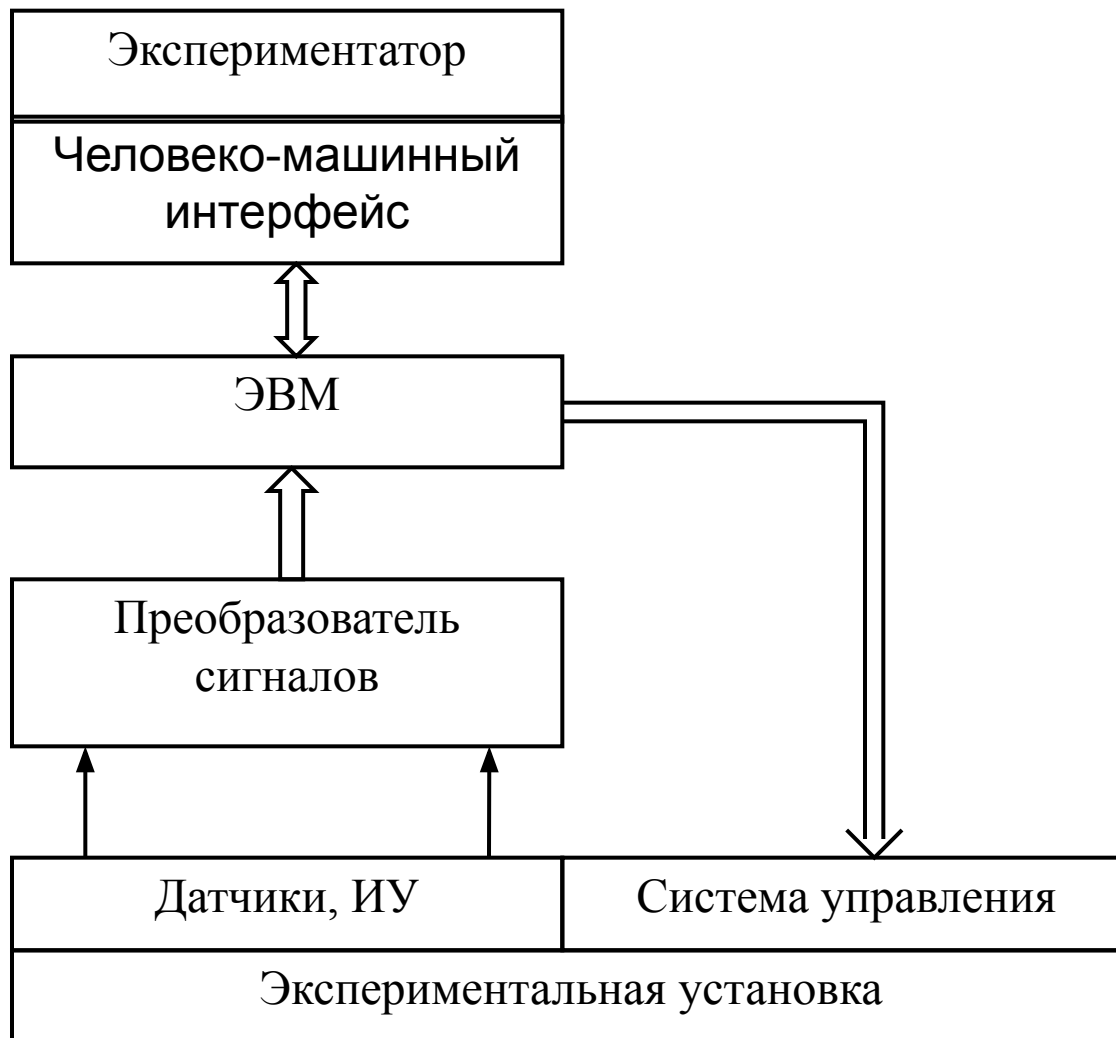
Решение задач этого уровня обычно возлагается на серверы локальной сети предприятия, реализованные на базе ПК типа IBM PC.

*Четвертый уровень* определяется как MRP: (Manufacturing Resource Planning), MRPII или ERP: (Enterprise Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия. На этом уровне используются универсальные компьютеры или многопроцессорные системы повышенной производительности.

### 3. Автоматизированная система научных исследований (АСНИ)

АСНИ представляет собой аппаратно-программный комплекс на базе средств вычислительной техники, предназначенный для получения, уточнения и апробации математических моделей исследуемых объектов, явлений, процессов.





# Обеспечивающие подсистемы АИУС

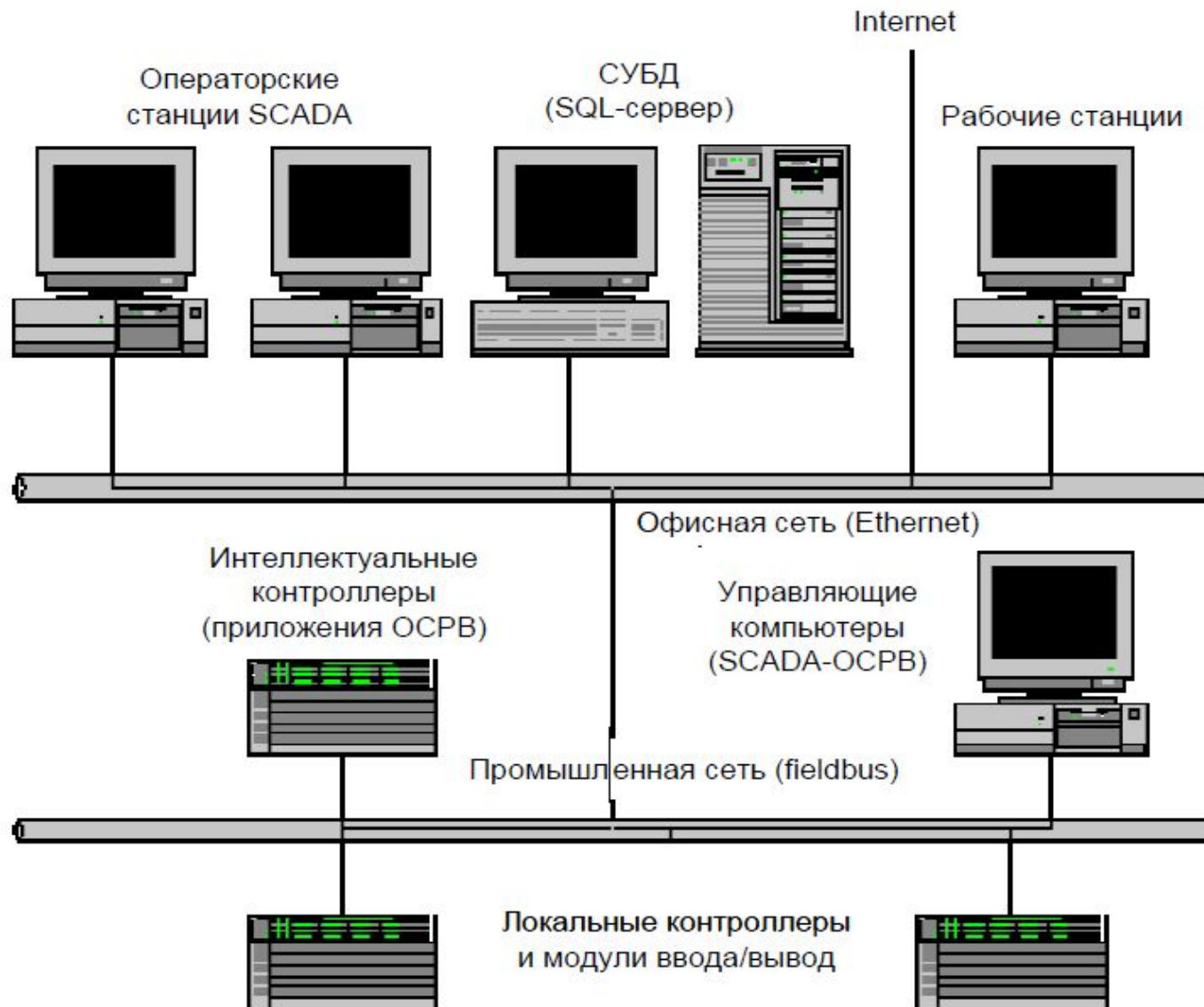
Часть АИУС, отвечающая за выполнение функциональных задач, получила название обеспечивающей. Важнейшими видами обеспечения являются: техническое, информационное, математическое и программное.

Основу **технического обеспечения** составляют вычислительные средства разных мощностей и типов, объединенные каналами передачи данных в вычислительные сети разного уровня.

На нулевом уровне управления АСУТП – датчики и исполнительные устройства.

На первом уровне – ПЛК; локальные промышленные сети в стандартах Profibus, Vitbus и др.

На втором уровне – специализированные промышленные управляющие вычислительные комплексы (УВК) или ПК типа IBMPC; локальная сеть предприятия типа Ethernet/



*Аппаратное обеспечение ИС*



*Промышленный компьютер*

**Информационное обеспечение** – это вся информация, используемая для решения задач управления и обработки данных, представленная в виде документации, классификаторов, массивов данных и т.п.

**Математическое обеспечение** – это набор математических формул, соотношений, алгоритмов, математических моделей, методик, предназначенных для решения задач управления и обработки данных. На основе него разрабатывается комплекс прикладных программ.

**Программное обеспечение** – это совокупность общего (системного) и специального (прикладного) ПО. Основу общего ПО образуют операционные системы. Прикладное ПО – это все программы, используемые для решения конкретных задач, в нашем случае задач управления и обработки данных.

# Математическое обеспечение

Используемые в АИУС математические операции должны обеспечить управление и обработку данных в АИУС, предполагающей выполнение следующих действий:

- первичная обработка информации (масштабирование, фильтрация);
- вторичная обработка информации (определение интегральных и средних значений параметров, скорости их изменения, прогнозирование и т.д.);
- контроль параметров и оборудования;
- цифровое регулирование и оптимальное управление;
- логическое управление;
- расчет технико-экономических показателей.

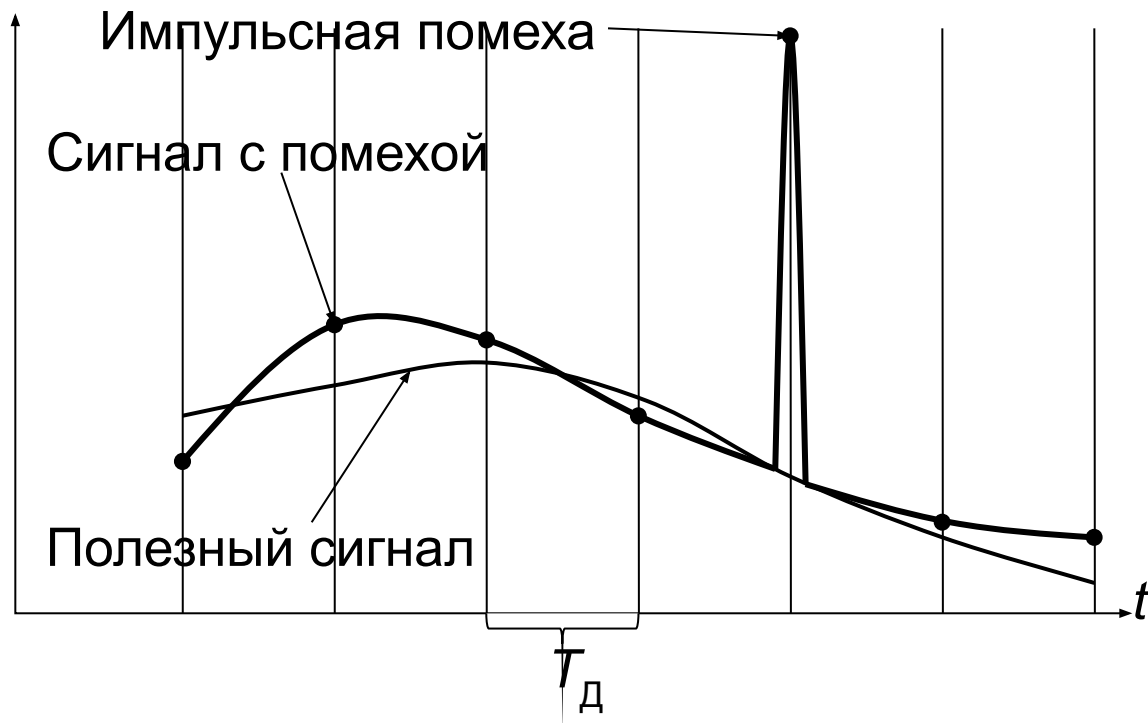
# Алгоритмы первичной обработки информации

Первичная обработка включает: фильтрацию полезного сигнала, проверку информации на достоверность, аналитическую градуировку датчиков, экстраполяцию и интерполяцию.

Фильтрация – это операция выделения полезного сигнала измерительной информации из его суммы с помехой. Чаще всего помеха бывает случайной, гармонической с частотой сети и импульсной.

Входной сигнал представляет собой последовательность отсчетов, следующих через интервал  $T_d$ , равный интервалу опроса датчиков. Максимальная длительность этого интервала согласно теореме отсчетов Котельникова-Шеннона связана с верхней граничной частотой спектра  $f_B$ :  $T_d = 1/2f_B$ . В действительности его берут много меньше этого значения, что определяется ошибкой интерполяции.

Интервал опроса зависит от вида измеряемого параметра и практически берется равным от долей секунды до десятков секунд: расход жидкости – 0,1-2 с, давление – 0,5-10 с, уровень – 5-10 с, температура – 5-30 с, концентрация – 20-50 с.

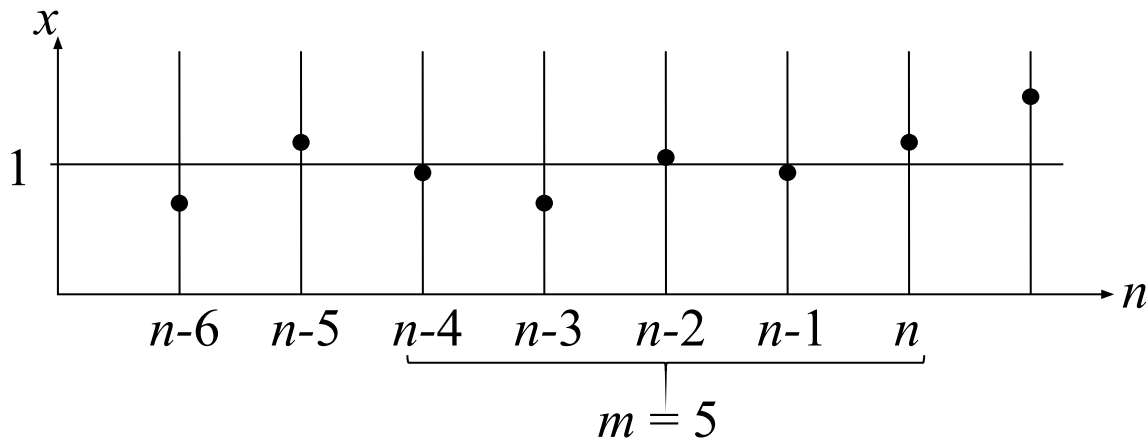


Как правило, полезный сигнал медленноменяющийся, поэтому для его выделения используются цифровые низкочастотные фильтры. Используются фильтры трех типов: скользящего среднего, экспоненциального сглаживания и медианный. Последний – для борьбы с импульсной помехой.



# 1. Фильтр скользящего среднего

Выходной сигнал фильтра определяется как среднее значение сигнала по  $m$  отсчетам: текущего и  $(m - 1)$  предыдущих

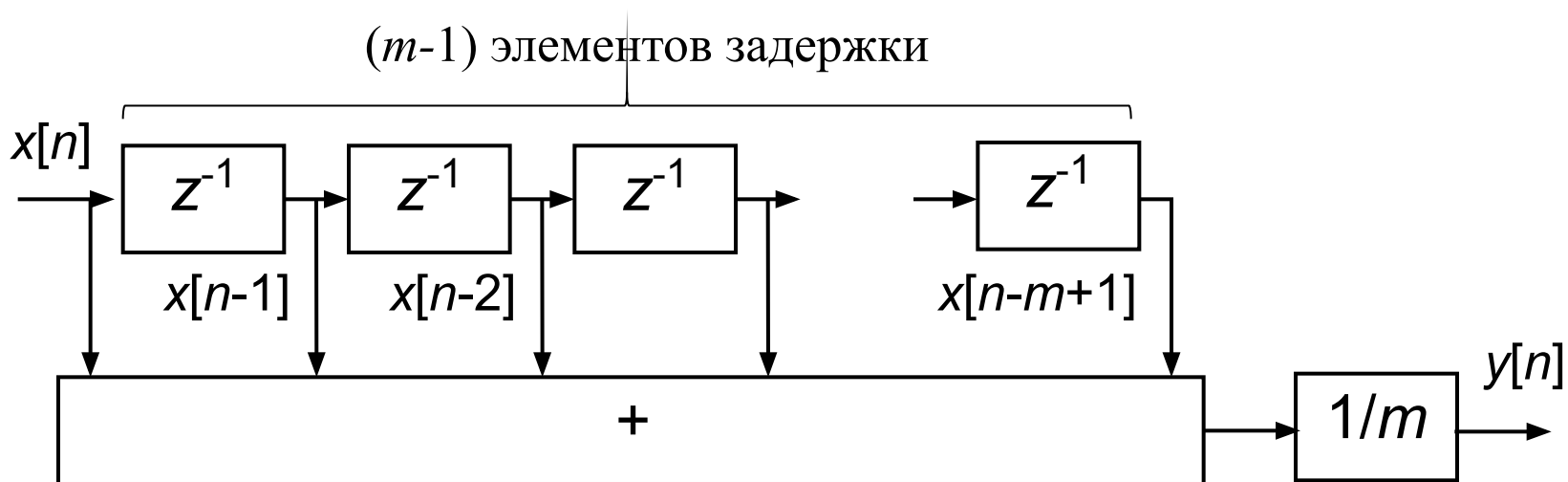


Пример: Входной сигнал представляет собой смесь постоянного информационного сигнала, равного  $1$ , и помехи – нормального шума с среднеквадратическим отклонением  $0,1$ . Порядок фильтра  $m = 5$

$n$	1	2	3	4	5	6	7
$x[n]$	0,75	1,14	0,93	0,72	1,04	0,94	1,18

$$y[7] = (1,18+0,94+1,04+0,72+0,93)/5 = 0,96$$

Фильтр скользящего среднего реализуется в виде нерекурсивного цифрового фильтра.



$$y[n] = (1/m) \sum_{i=0}^{m-1} x[n-i]$$

Для эффективной фильтрации помехи значение  $m$  должно быть большим и фильтр требует большого количества вычислений. Это его недостаток.

## 2. Фильтр экспоненциального сглаживания

Алгоритм фильтрации похож на предыдущий, только количество слагаемых бесконечно и суммирование весовое, с уменьшающимся весом по мере увеличения запаздывания ( $b < 1$ ):

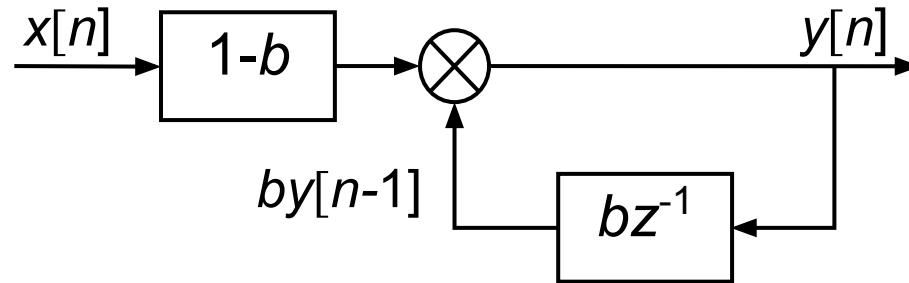
$$y[n] = (1 - b) \sum_{i=1}^{\infty} b^{i-1} x[n - i + 1]$$

Нормирующий множитель  $1-b$  определяется как величина, обратная сумме членов бесконечной геометрической прогрессии  $b^i$ .

Преобразуем это выражение

$$\begin{aligned} y[n] &= (1 - b) \sum_{i=1}^{\infty} b^{i-1} x[n - i + 1] = (1 - b) \left\{ x[n] + \sum_{i=2}^{\infty} b^{i-1} x[n - i + 1] \right\} = \\ &= (1 - b) \left\{ x[n] + b \sum_{i=1}^{\infty} b^{i-1} x[(n-1) - i + 1] \right\} = (1 - b)x[n] + by[n-1] \end{aligned}$$

Фильтр экспоненциального сглаживания реализуется как цифровой рекурсивный фильтр первого порядка.



Такой фильтр осуществляет эффективную фильтрацию сигнала на фоне случайных и гармонических помех при минимальных вычислительных затратах. Для его реализации требуется только один элемент задержки  $z^{-1}$ .

# 3. Медианный фильтр

Медианный фильтр используется для борьбы с импульсной помехой.

Для случайной величины медиана определяется как значение, для которого одинаково вероятно, окажется ли случайная величина меньше или больше его. Поэтому большие, но маловероятные значения случайной величины практически не влияют на медиану.

Алгоритм медианной фильтрации

$$y[n] = \text{med}\{x[n], x[n-1], \dots, x[n-m+1]\}$$

сводится к следующему:

- проводится упорядочение отсчетов  $x[n], x[n-1], \dots, x[n-m+1]$  в ряд по возрастанию (или убыванию);
- при нечетном  $m$  в качестве медианы выбирается центральное значение этого ряда; при четном – полусумма двух средних значений ряда.

Пример: Входной сигнал представляет собой смесь постоянного информационного сигнала, равного 1, непрерывной помехи – нормального шума с среднеквадратическим отклонением 0,1 и импульсной помехи, равной 4, появившейся при  $n=4$ . Порядок фильтра  $m = 3$

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8
$x[n]$								
$y[n]$								
Например, $y[5] = \text{med}\{1,04; 5; 0,93\} = \text{med}\{0,93; 1,04; 5\} = 1,04$								1,41
			0,93	1,14	1,04	1,04	1,04	1,18

# Интерполяция и экстраполяция

Информации о непрерывно-изменяющихся величинах в ОУ снимается дискретно во времени путем периодического опроса датчиков.

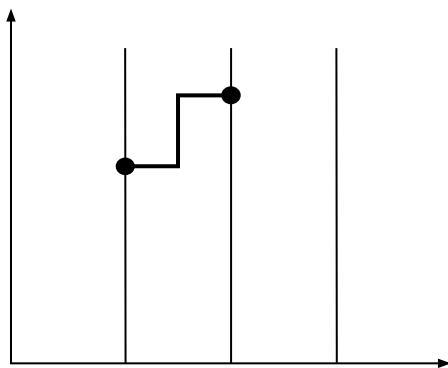
Для восстановления непрерывных процессов и прогнозирования их используется интерполяция и экстраполяция

**Интерполяция** – это определение значений непрерывной функции по ее дискретным отсчетам в промежутках между отсчетами

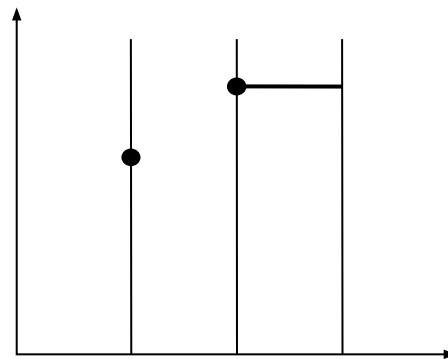
**Интерполяция** – это определение значений непрерывной функции по ее дискретным отсчетам в последующее за отсчетами время

При использовании только двух отсчетов можно осуществить только ступенчатую и линейную интерполяцию и экстраполяцию

## Ступенчатая

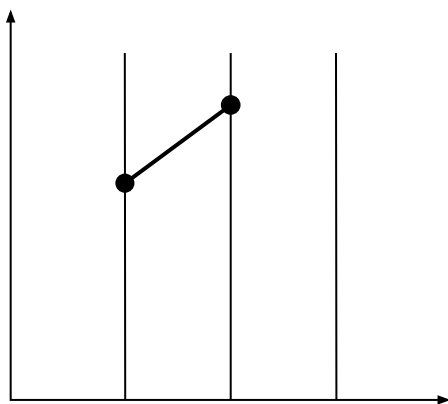


интерполяция

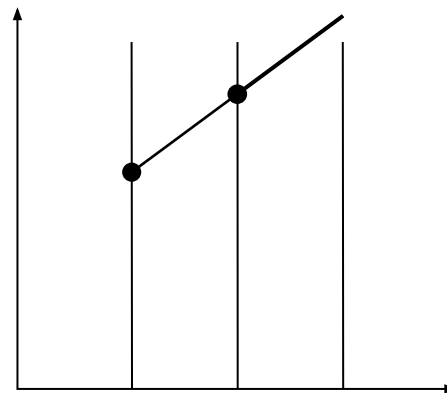


экстраполяция

## Линейная



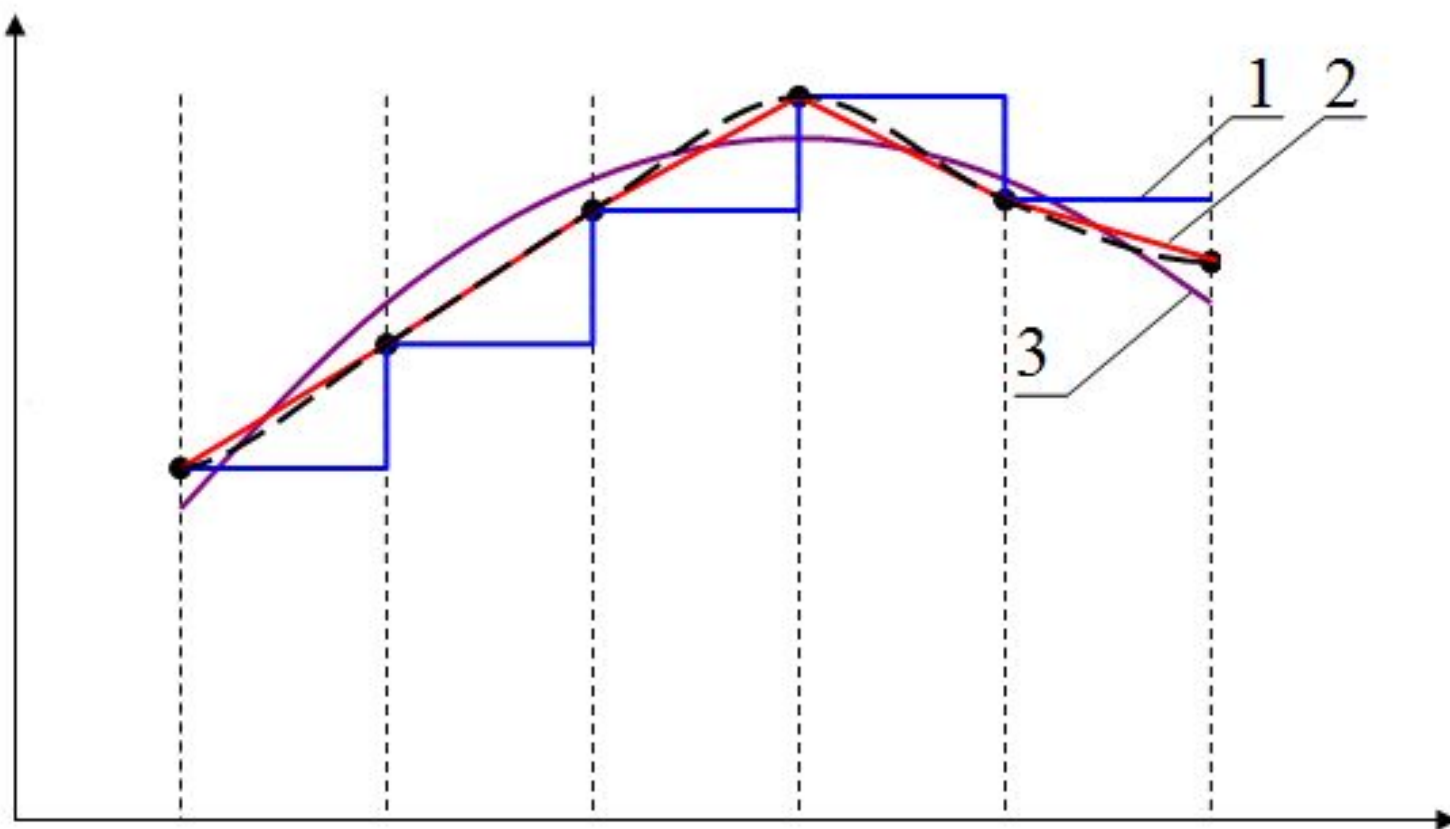
интерполяция



экстраполяция



При восстановлении непрерывной функции по дискретным отсчетам чаще всего используют 1) ступенчатую экстраполяцию, 2) линейную интерполяцию или 3) полиномиальную аппроксимацию. Степень аппроксимирующего полинома должна быть меньше количества отсчетов. При их равенстве реализуется полиномиальная интерполяция.



# Алгоритмы контроля

Контроль включает в себя измерение величин и показателей и сравнение их с допустимыми пределами.

Измерение происходит с ошибкой, которая определяется точностью работы измерительных цепей (датчика, преобразователя), частотой опроса датчиков и точностью преобразования измерительных сигналов в искомую величину.

Ошибка зависит от применяемого метода восстановления непрерывного процесса по его дискретным отсчетам. В большинстве случаев используется ступенчатая экстраполяция. Дисперсия ошибки при ступенчатой экстраполяции

$$\sigma^2 = 2[K_x(0) - K_x(T_D)] + \sigma_{\text{ЦАП}}^2$$

где  $K_x(t)$  - автокорреляционная функция измеряемой величины,  
•  $\sigma_{\text{ЦАП}}^2$  - дисперсия цифро-аналогового преобразования.

Из этого выражения при заданной дисперсии ошибки находится величина периода опроса  $T_D$  .

Общей функцией автоматического контроля в АСУТП является фиксация хода технологического процесса во времени и непрерывное (периодическое) сравнение параметров процесса с заданными.

Различают следующие виды контроля:

1. Контроль технологических процессов в нормальном режиме.
2. Контроль над процессом в аварийных режимах.
3. Контроль исправности оборудования.
4. Контроль включения/выключения оборудования.
5. Контроль производительности оборудования.
6. Контроль количества и качества выпускаемой продукции.

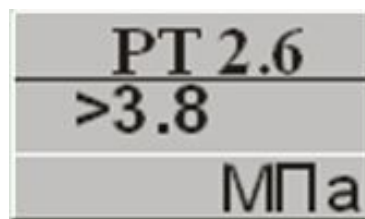
Основная операция контроля состоит в том, что для каждого контролируемого параметра  $x_i(t)$  в момент времени  $t$  необходимо проверить выполнение условия

$$m_i \leq x_i(t) \leq M_i$$

где  $m_i$  – нижний допустимый предел изменения  $i$ -го параметра,  $M_i$  – верхний допустимый предел.

Главная задача оператора – контролировать ход технологического процесса и своевременно вмешиваться в него при возникновении опасностей (алармов).

Для контроля технологического процесса используют типовую ячейку отображения параметров. Типовая ячейка представлена в виде прямоугольника с привязкой к месту установки. Прямоугольник делится горизонтальными линиями на три равных части по вертикали. В верхней части указывается позиция объекта по проекту, в средней - значение отображаемого параметра, в нижней – единица измерения.



The diagram shows a rectangular box divided into three horizontal sections. The top section contains the text 'РТ 2.6'. The middle section contains the text '>3.8'. The bottom section contains the text 'МПа'.

РТ 2.6
>3.8
МПа

Аларм – состояние тревоги – это сообщение, предупреждающее оператора о возникновении определенной ситуации, которая может привести к серьезным последствиям, и поэтому требующее его внимания, а часто и вмешательства.

Все SCADA-системы поддерживают дискретные и аналоговые алармы.

Дискретные алармы срабатывают при изменении состояния дискретной переменной. При этом для срабатывания аларма можно использовать любое из двух состояний: TRUE/ON (1) или FALSE/OFF (0).

Аналоговые алармы срабатывают при нескольких ситуациях:

1. выходе значений переменной за указанные верхние и нижние пределы (Hi, HiHi, Lo, LoLo);
2. отклонении значения переменной от заданного значения на недопустимую величину (аларм типа Deviation);
3. превышении скорости изменения параметра предельно допустимой (аларм ROC – Rate-of-Change).

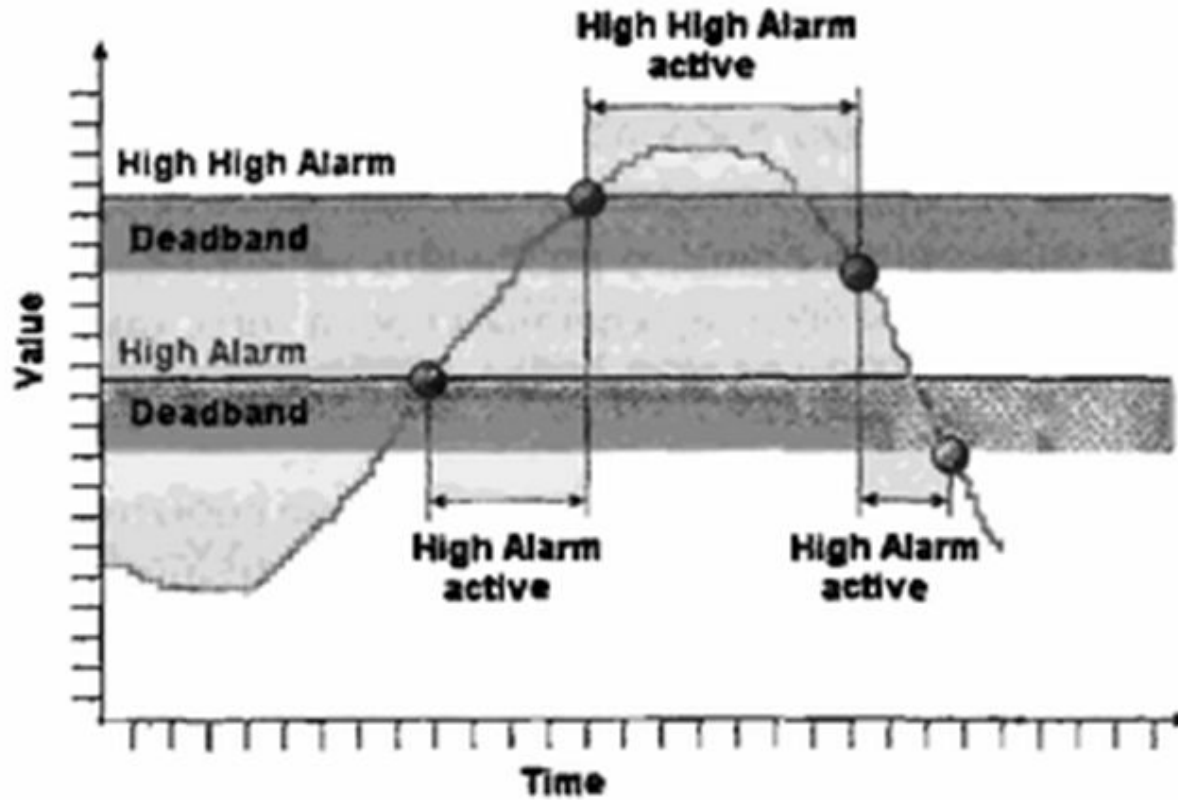
Для отображения и регистрации информации об аварийных ситуациях или событиях в SCADA-системах предусмотрены два типа окон: «Текущие алармы» (Alarm Summary) и «Архивная сводка алармов» (Alarm History).

Для сигнализации выхода параметра за предельные пороги на мнемосхеме используется следующий способ: если порог верхний, то закрашивается верхняя часть типовой ячейки, если нижний – нижняя часть. При нормальном состоянии все части типовой ячейки имеют темно-серый цвет. При выходе значения за порог область обозначения порога окрашивается в соответствующий цвет: Lo и Hi – желтый, LoLo и HiHi –красный.



Каждой тревоге может быть присвоен приоритет по степени ее опасности. Для опасных тревог кроме рассмотренного способа используется и дополнительная – звуковая сигнализация.

Такой алгоритм используется, например, в одной из самых известных SCADA-систем In Touch.



Уровень High Alarm – «предупреждение об опасности», уровень High High Alarm – «опасность»

Аналогичная двухуровневая индикация используется и для нижнего допустимого предела  $m$ : Low Alarm и Low Low Alarm.