



СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Лекция 1



ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

2



Система реального времени – это система, которая способна обеспечить требуемый уровень сервиса в определённый промежуток времени.

Специфическая особенность систем реального времени заключается в том, что к ним предъявляются строгие временные требования, диктуемые окружением или определяемые ее назначением.

Главный критерий эффективности – обеспечение временных характеристик.

СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ – ЭТО АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС, РЕАГИРУЮЩИЙ В ПРЕДСКАЗУЕМЫЕ ВРЕМЕНА НА НЕПРЕДСКАЗУЕМЫЙ ПОТОК ВНЕШНИХ СОБЫТИЙ. ЭТО ОЗНАЧАЕТ, ЧТО:

А) СИСТЕМА ДОЛЖНА УСПЕТЬ ОТРЕАГИРОВАТЬ НА СОБЫТИЕ, ПРОИЗОШЕДШЕЕ НА ОБЪЕКТЕ, В ТЕЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ, КРИТИЧЕСКОГО ДЛЯ ЭТОГО СОБЫТИЯ. ВЕЛИЧИНА КРИТИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ КАЖДОГО СОБЫТИЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ОБЪЕКТОМ И САМИМ СОБЫТИЕМ, И, ЕСТЕСТВЕННО, МОЖЕТ БЫТЬ РАЗНОЙ, НО ВРЕМЯ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ ДОЛЖНО БЫТЬ ПРЕДСКАЗАНО (ВЫЧИСЛЕНО) ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ. ОТСУТСТВИЕ РЕАКЦИИ В ПРЕДСКАЗАННОЕ ВРЕМЯ СЧИТАЕТСЯ ОШИБКОЙ ДЛЯ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.

Б) СИСТЕМА ДОЛЖНА УСПЕВАТЬ РЕАГИРОВАТЬ НА ОДНОВРЕМЕННО ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ. ДАЖЕ ЕСЛИ ДВА ИЛИ БОЛЬШЕ ВНЕШНИХ СОБЫТИЙ ПРОИСХОДЯТ ОДНОВРЕМЕННО, СИСТЕМА ДОЛЖНА УСПЕТЬ СРЕАГИРОВАТЬ НА КАЖДОЕ ИЗ НИХ В ТЕЧЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ, КРИТИЧЕСКОГО ДЛЯ ЭТИХ СОБЫТИЙ.

“Системой реального времени является такая система, корректность функционирования которой определяется не только корректностью выполнения вычислений, но и временем, в которое получен требуемый результат. Если требования по времени не выполняются, то считается, что произошел отказ системы”



СИСТЕМА НАЗЫВАЕТСЯ СИСТЕМОЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ, ЕСЛИ ПРАВИЛЬНОСТЬ ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗАВИСИТ НЕ ТОЛЬКО ОТ ЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКТНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ, НО И ОТ ВРЕМЕНИ, ЗА КОТОРОЕ ЭТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРОИЗВОДЯТСЯ. ТО ЕСТЬ ДЛЯ СОБЫТИЙ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ТАКОЙ СИСТЕМЕ, ТО, **КОГДА** ЭТИ СОБЫТИЯ ПРОИСХОДЯТ, ТАК ЖЕ ВАЖНО, КАК ЛОГИЧЕСКАЯ КОРРЕКТНОСТЬ САМИХ СОБЫТИЙ.

- ❖ Системы с жесткими временными характеристиками
— системы *жесткого реального времени*.
- ❖ Системы с нежесткими временными характеристиками
— системы *мягкого реального времени*.



ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

"Real-Time System: Any system in which the time at which output is produced is significant. This is usually because the input corresponds to some movement in the physical world, and the output has to relate to the same movement. The lag from input time to output time must be sufficiently small for acceptable timeliness"

(Oxford Dictionary of Computing)

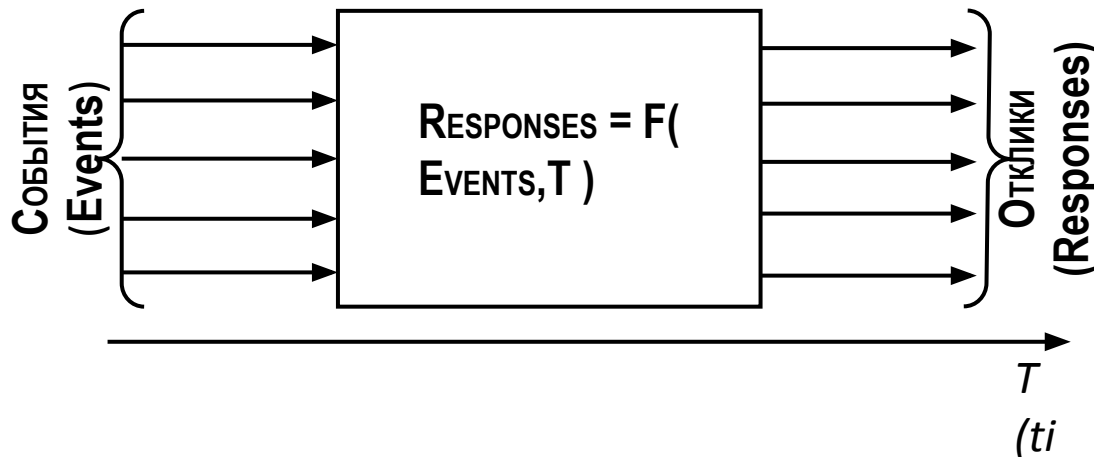
СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ: ЛЮБАЯ СИСТЕМА, В КОТОРОЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ ИМЕЕТ ВАЖНОЕ ЗНАЧЕНИЕ. ОБЫЧНО ТАКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ТЕМ, ЧТО ИСТОЧНИКОМ ВХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ЯВЛЯЮТСЯ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ВО ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ, И РЕАКЦИЯ СИСТЕМЫ ДОЛЖНА СООТНОСИТЬСЯ С ТЕМИ ЖЕ ПРОЦЕССАМИ. ВРЕМЕННАЯ ЗАДЕРЖКА МЕЖДУ МОМЕНТАМИ ВВОДА И ВЫВОДА ДОЛЖНА БЫТЬ ДОСТАТОЧНО МАЛА ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ СВОЕВРЕМЕННОСТЬ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ НА ВНЕШНЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ



ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Для систем реального времени характерно следующее:

- **гарантированное время реакции на внешние события** (например на прерывания от оборудования);
- **жёсткая подсистема планирования процессов** (высокоприоритетные задачи не должны вытесняться низкоприоритетными, за некоторыми исключениями);
- **повышенные требования к времени реакции на внешние события или реактивности** (задержка вызова обработчика прерывания не более десятков микросекунд, задержка при переключении задач не более сотен микросекунд).



СИСТЕМА (ПРИЛОЖЕНИЕ) РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ - ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА, В КОТОРОЙ КОРРЕКТНОСТЬ РАБОТЫ ЗАВИСИТ НЕ ТОЛЬКО ОТ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ, НО ТАКЖЕ ОТ ВРЕМЕНИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

СИСТЕМА ДОЛЖНА ЗАВЕРШИТЬ ОБРАБОТКУ СОБЫТИЯ t_i (выработать отклик) НЕ ПОЗДНЕЕ ЗАРАНЕЕ ОПРЕДЕЛЕННОГО МОМЕНТА ВРЕМЕНИ. СИСТЕМА УПРАВЛЯЕТ ОБРАБОТКОЙ БОЛЬШОГО КОЛИЧЕСТВА РАЗНЫХ СОБЫТИЙ.

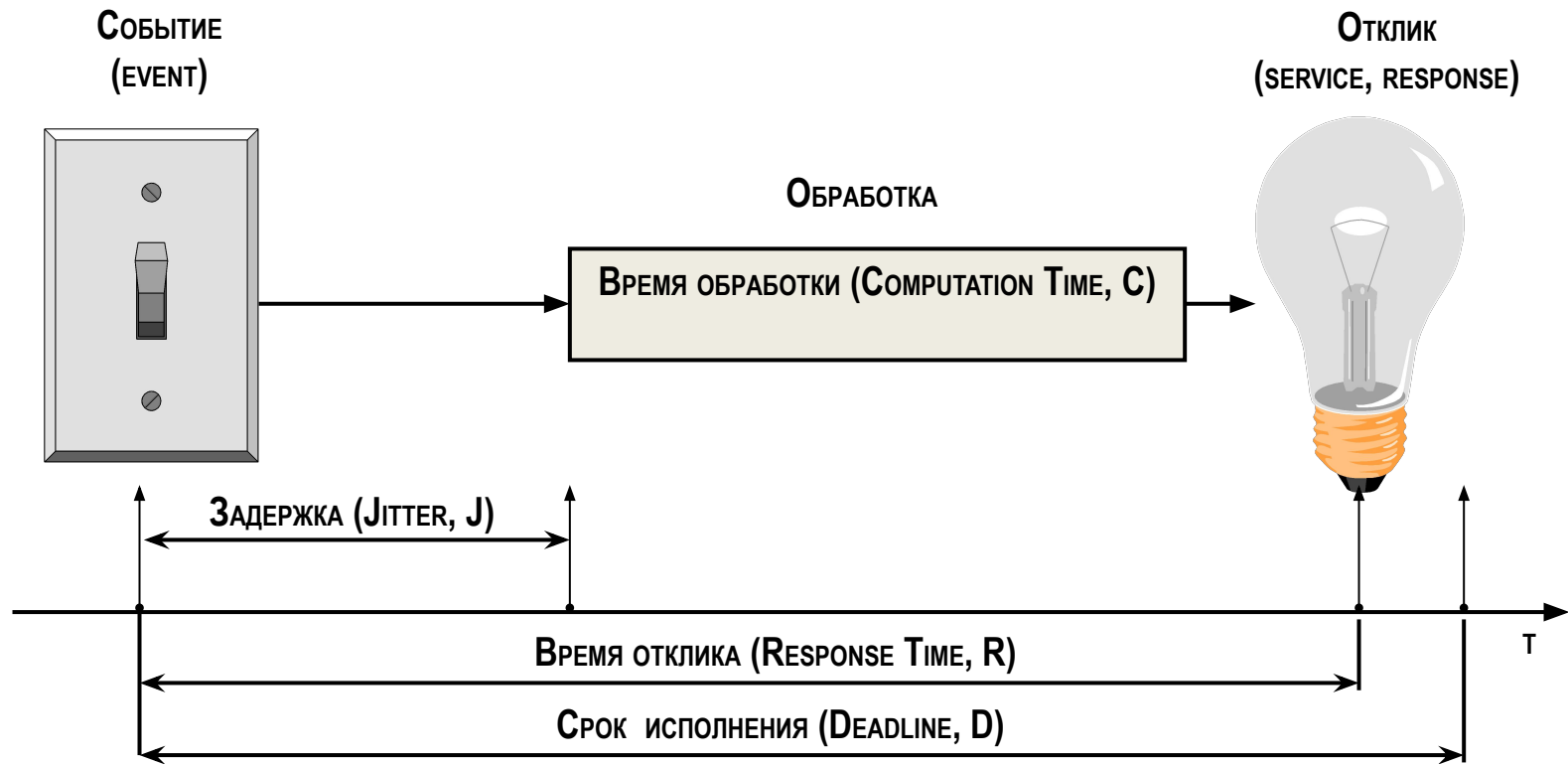


ОБРАБОТКА “В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ”

6



- РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ СООТНОШЕНИЕМ СРОКА ИСПОЛНЕНИЯ И ВРЕМЕНЕМ ОТКЛИКА.
- РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ НЕ ЗАВИСИТ ОТ ТОГО, “БЫСТРАЯ” СИСТЕМА ИЛИ “МЕДЛЕННАЯ” (ТО ЕСТЬ НЕ ЗАВИСИТ ОТ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ).



ОБРАБОТКА “В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ” ОЗНАЧАЕТ “ВОВРЕМЯ”



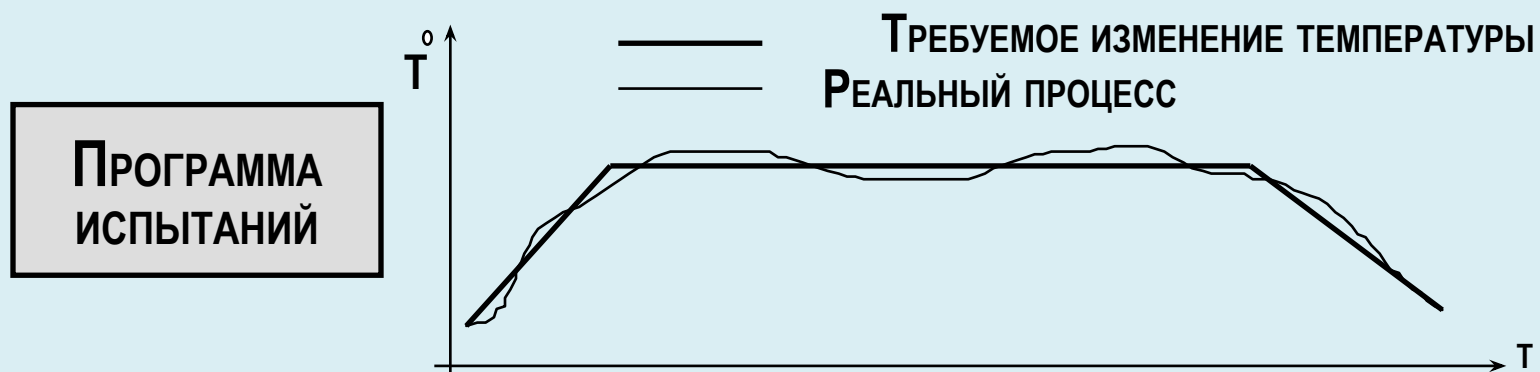
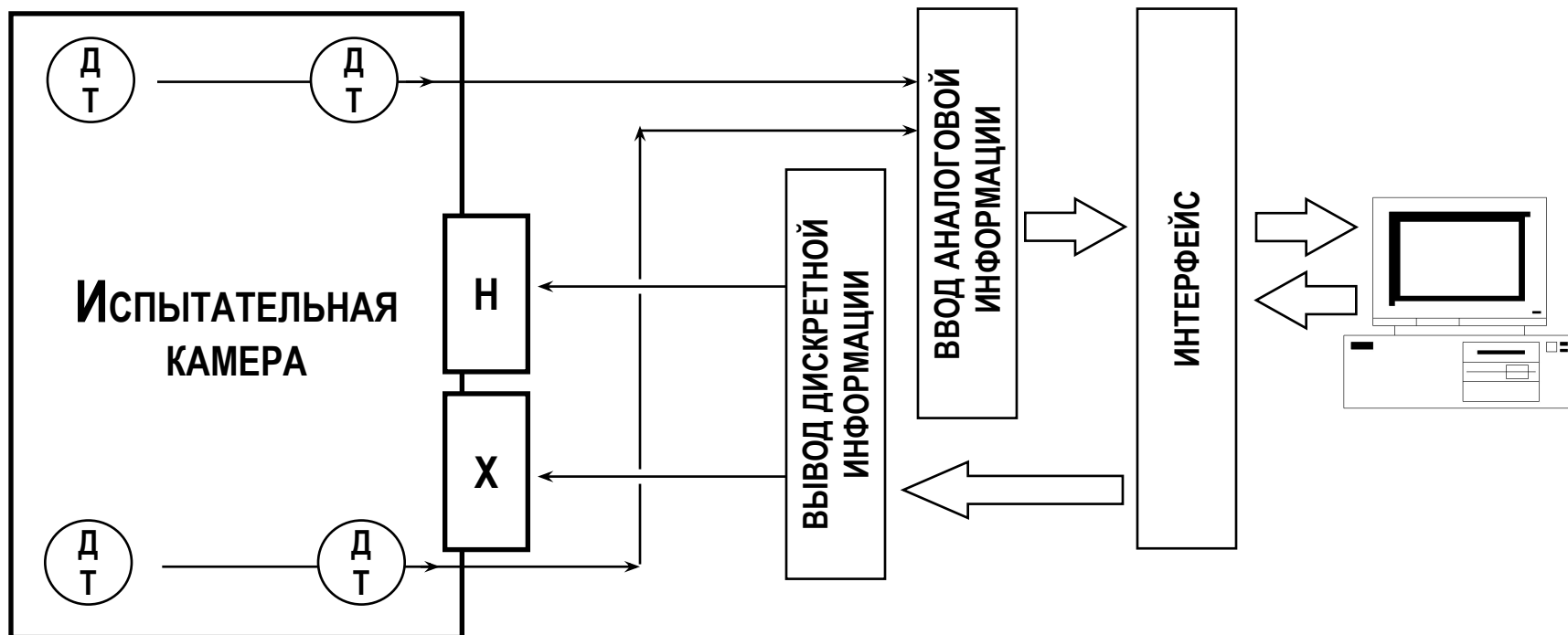
ПРИМЕР: СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.

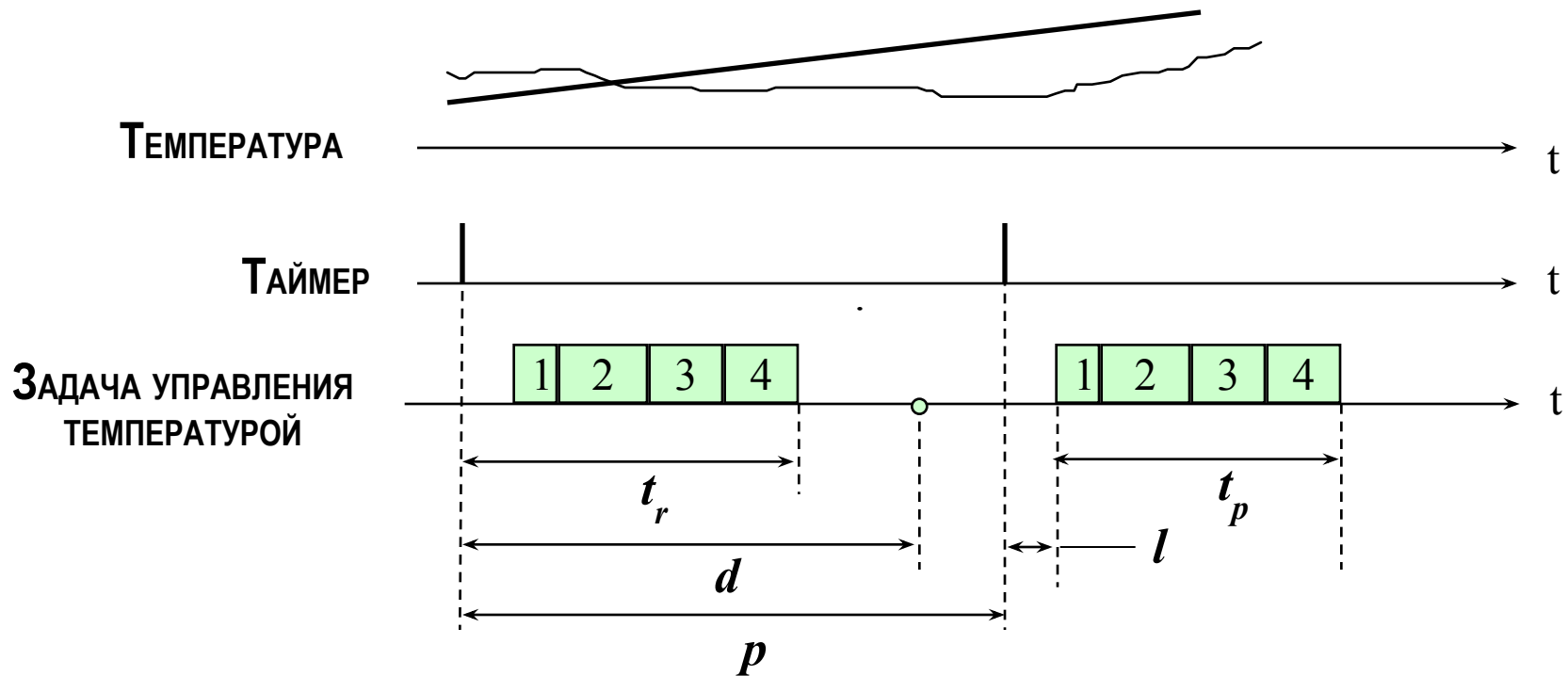
ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ:

- ❖ **УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ, ДАВЛЕНИЕМ, ВЛАЖНОСТЬЮ ПО ЗАДАННОЙ ПРОГРАММЕ**
- ❖ **КОНТРОЛЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**
- ❖ **ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ**

Задача управления температурой

8





- 1 - измерение;
- 2 - вычисление_программного_значения;
- 3 - алгоритм_принятия_решения;
- 4 - вывод_управляющего_воздействия;

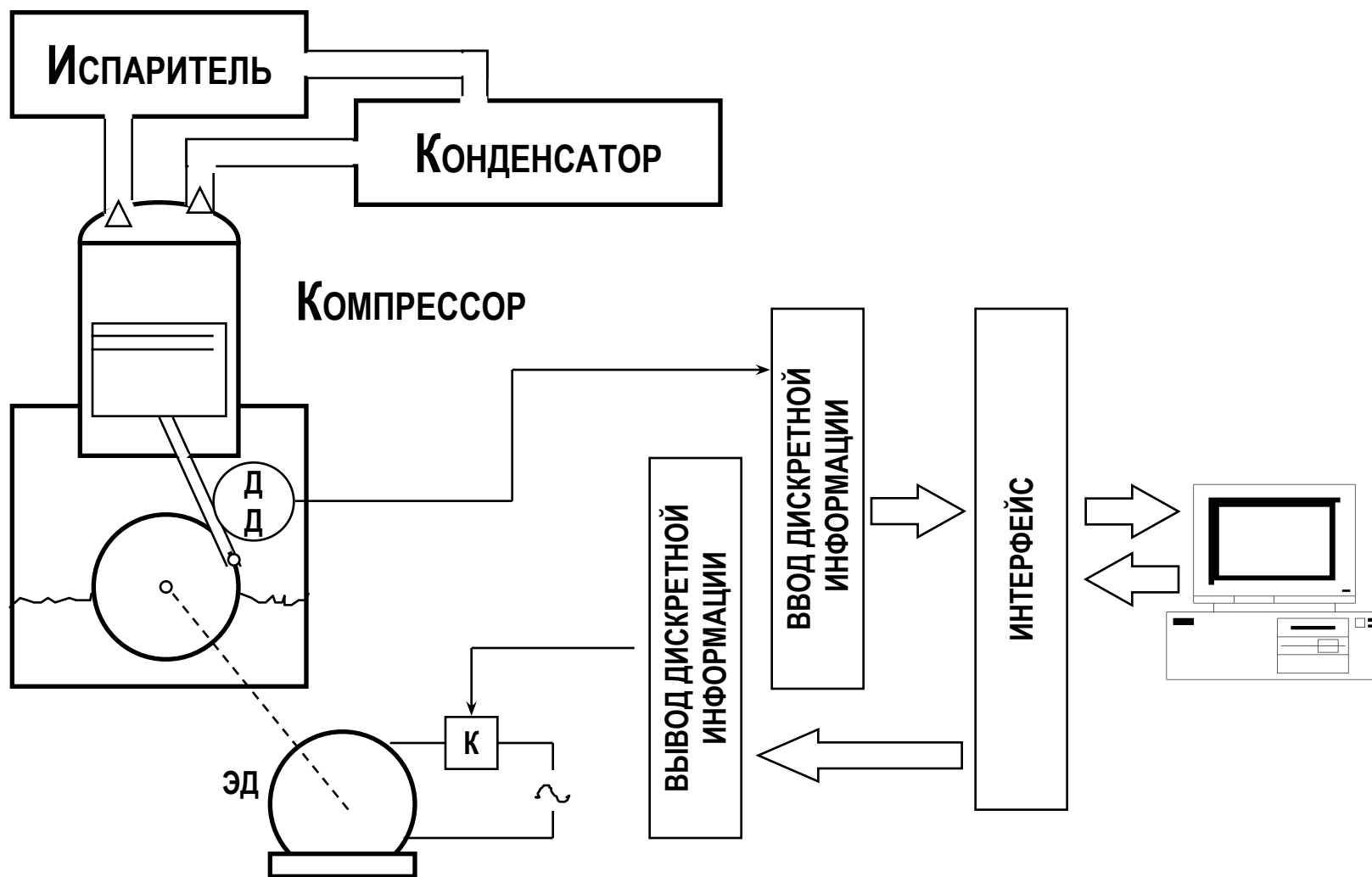


- ❖ TP - ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ (EXECUTION TIME, PROCESSING TIME)
- ❖ TR - ВРЕМЯ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ (RESPONSE TIME)
- ❖ D - ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЕ ВРЕМЯ ЗАВЕРШЕНИЯ (DEADLINE)
- ❖ P - ПЕРИОД АКТИВИЗАЦИИ (PERIOD)
- ❖ WCET - ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ В НАИХУДШЕМ СЛУЧАЕ (WORST CASE EXECUTION TIME)
- ❖ L - ЗАДЕРЖКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОБРАБОТКИ СОБЫТИЯ (LATENCY)

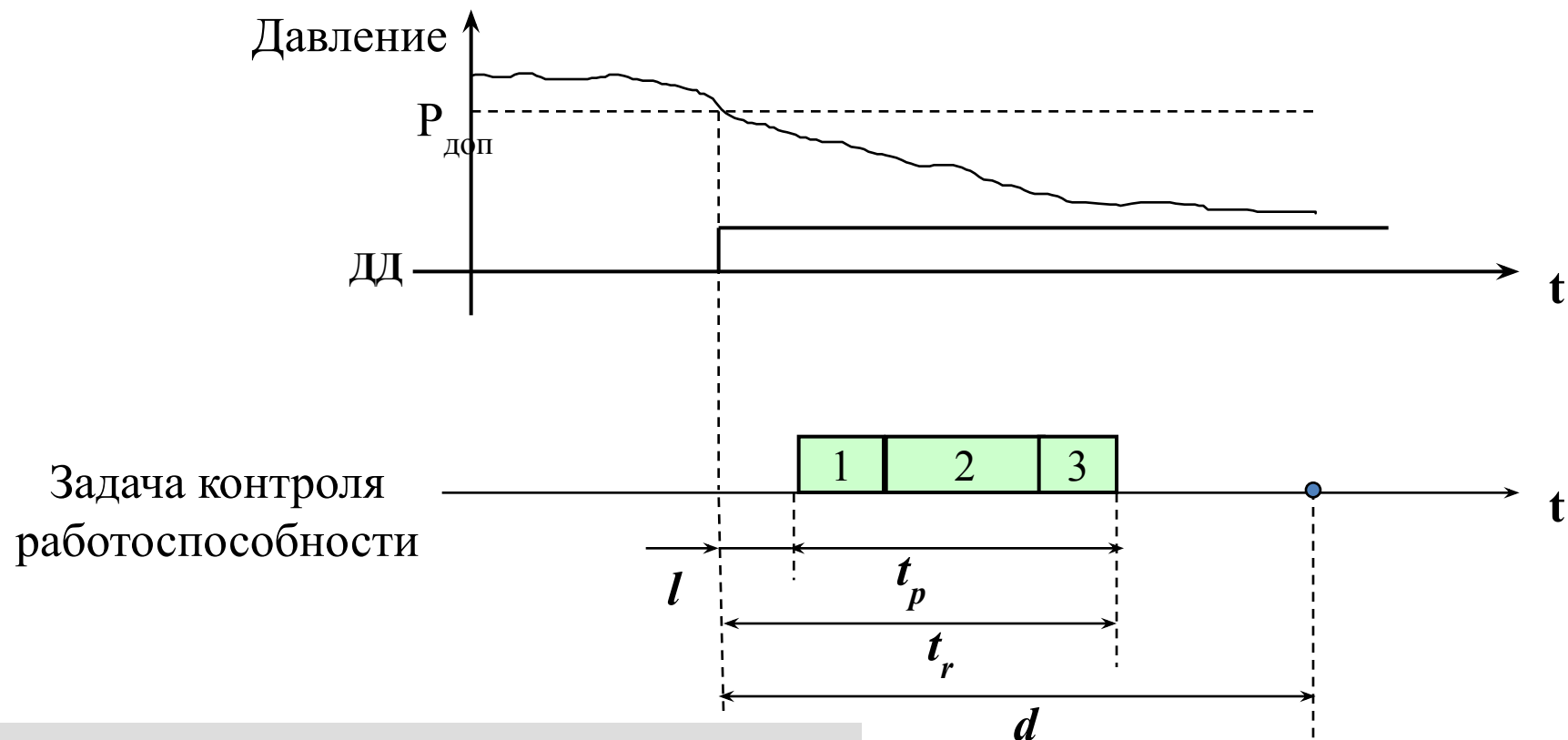


Задача контроля работоспособности ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

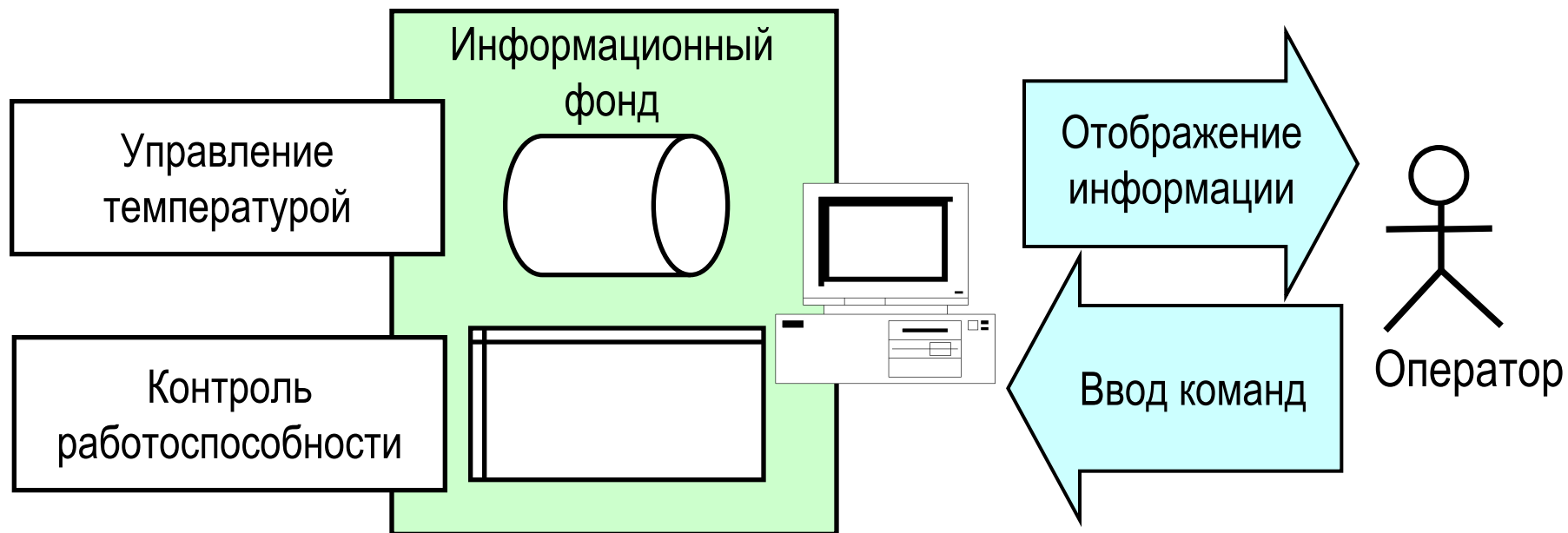
11

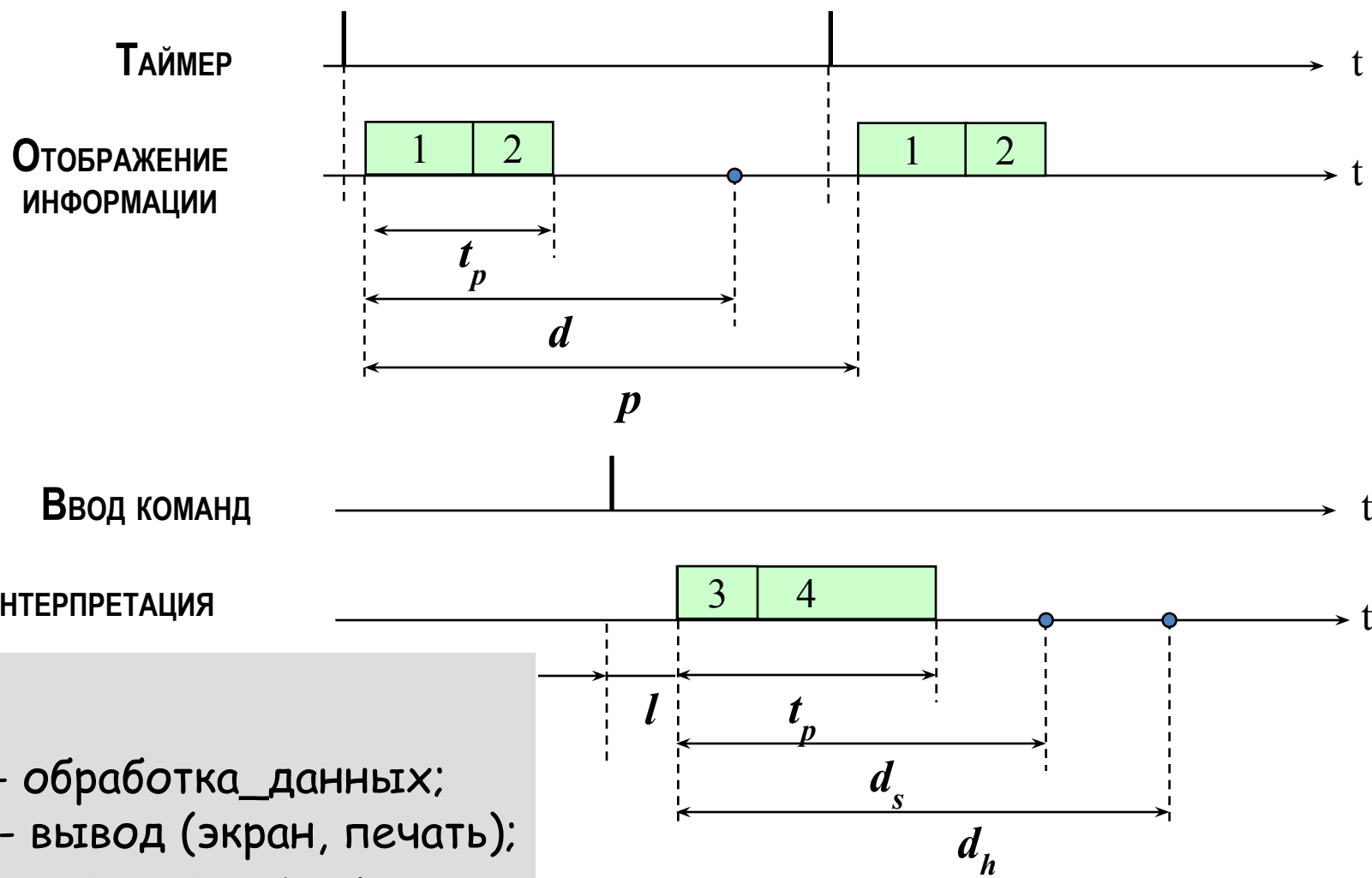


ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА



- 1 - процедура_обработки_события;
- 2 - алгоритм принятия решения;
- 3 - вывод_управляющего_воздействия;





- 1 - обработка_данных;
- 2 - вывод (экран, печать);
- 3 - ввод_команды;
- 4 - интерпретация_запроса;



1. ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ЯВЛЯЮТСЯ СИСТЕМАМИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ;
2. ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ К КЛАССУ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НИКАК НЕ СВЯЗАНА С ЕЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ.

Во многих важных сферах приложения **СРВ** вводятся свои понятия «РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ». Так, процесс цифровой обработки сигнала называют идущим в «РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ», если анализ (при вводе) и/или генерация (при выводе) данных может быть проведен за то же время, что и анализ и/или генерация тех же данных без цифровой обработки сигнала.

Например, если при обработке аудио данных требуется 2,01 секунды для анализа 2,00 секунды звука, то это не процесс реального времени. Если же требуется 1,99 секунды, то это процесс реального времени. Исходя из вышесказанного, дадим определение системы реального времени в следующей интерпретации.

Быстродействие системы реального времени должно быть тем больше, чем больше скорость протекания процессов на объекте контроля и управления



СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ РЕАГИРУЕТ В ПРЕДСКАЗУЕМОЕ ВРЕМЯ НА НЕПРЕДСКАЗУЕМОЕ ПОЯВЛЕНИЕ ВНЕШНИХ СОБЫТИЙ. ЭТО ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЪЯВЛЯЕТ К СИСТЕМЕ ВПОЛНЕ ОПРЕДЕЛЕННЫЕ БАЗОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ.

РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ — ЭТО ВРЕМЯ, КОТОРОЕ УДОВЛЕТВОРЯЕТ ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ В ОБСЛУЖИВАНИИ ВНЕШНИХ СОБЫТИЙ.

СТАНДАРТ **POSIX 1003.1** ОПРЕДЕЛЯЕТ **СРВ** СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОМ: «РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ В ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ — ЭТО СПОСОБНОСТЬ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧИТЬ ТРЕБУЕМЫЙ УРОВЕНЬ СЕРВИСА В ЗАДАННЫЙ ПРОМЕЖУТОК ВРЕМЕНИ».

ИНОГДА СИСТЕМАМИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НАЗЫВАЮТ СИСТЕМЫ ПОСТОЯННОЙ ГОТОВНОСТИ (ON-LINE СИСТЕМЫ), ИЛИ «ИНТЕРАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ С ДОСТАТОЧНЫМ ВРЕМЕНЕМ РЕАКЦИИ». ОБЫЧНО ЭТО ДЕЛАЮТ ФИРМЫ-ПРОИЗВОДИТЕЛИ ПО МАРКЕТИНГОВЫМ СООБРАЖЕНИЯМ. ЕСЛИ ИНТЕРАКТИВНУЮ ПРОГРАММУ НАЗЫВАЮТ РАБОТАЮЩЕЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ, ТО ЭТО ОЗНАЧАЕТ, ЧТО ОНА УСПЕВАЕТ ОБРАБАТЫВАТЬ ЗАПРОСЫ ОТ ЧЕЛОВЕКА, ДЛЯ КОТОРОГО ЗАДЕРЖКА В СОТНИ МИЛЛИСЕКУНД ДАЖЕ НЕЗАМЕТНА.

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ **СРВ** — ЭТО ИНСТРУМЕНТЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ СПРОЕКТИРОВАТЬ **СРВ** НА МОДЕЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ, ОТЛАДИТЬ ЕЕ И ПЕРЕНЕСТИ НА РЕАЛЬНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ.

ОСНОВНОЙ ЗАДАЧЕЙ **СРВ** ЯВЛЯЕТСЯ ПОЛУЧЕНИЕ НАДЛЕЖАЩИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗА ОПРЕДЕЛЕННЫЙ КРАТЧАЙШИЙ СРОК.

ЧАСТО ПОНЯТИЕ «СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ» ОТОЖДЕСТВЛЯЮТ С ПОНЯТИЕМ «БЫСТРАЯ СИСТЕМА».



1. **СРВ** – ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС, *АКТИВНО* ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЙ С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ; ВРЕМЕННОЙ МАСШТАБ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В **СРВ** СОГЛАСУЕТСЯ С ВРЕМЕННЫМ МАСШТАБОМ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ВО ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ.
2. **СРВ** - *МНОГОЗАДАЧНАЯ* СИСТЕМА; НЕСКОЛЬКО *ЗАДАЧ* ВЫПОЛНЯЮТСЯ ОДНОВРЕМЕННО, ОБСЛУЖИВАЯ ПРОЦЕССЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ. *РАЗЛИЧАЮТ* ЦИКЛИЧЕСКИЕ И СПОРАДИЧЕСКИЕ *ЗАДАЧИ*.
3. РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ НЕ ОЗНАЧАЕТ «БЫСТРО», НО «СВОЕВРЕМЕННО»; КАЖДАЯ *ЗАДАЧА* ДОЛЖНА ЗАКОНЧИТСЯ В ПРЕДЕЛАХ ЗАДАННОГО ДЛЯ НЕЕ ВРЕМЕНИ; В ЭТОМ СМЫСЛЕ ГОВОРЯТ О «ПРЕДСКАЗУЕМОСТИ» (PREDICTABILITY) ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ
4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАДАЧИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ:
 - ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ (EXECUTION TIME),
 - ПЕРИОД АКТИВИЗАЦИИ (PERIOD),
 - ДОПУСТИМОЕ ВРЕМЯ ЗАВЕРШЕНИЯ (DEADLINE),
 - ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ В НАИХУДШЕМ СЛУЧАЕ (WORST CASE EXECUTION TIME),
 - ПРИОРИТЕТ (PRIORITY),
 - ВРЕМЯ РЕАКЦИИ (RESPONSE TIME),
 - ЗАДЕРЖКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОБРАБОТКИ СОБЫТИЯ (LATENCY)



5. **КАЖДАЯ ЗАДАЧА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПОСТОЯННЫМ НАБОРОМ ПРОЦЕДУР, ПОВТОРЯЮЩИХСЯ В ТЕЧЕНИИ ВРЕМЕНИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ (ОТ ЕДИНИЦ ДО СОТЕН И ТЫСЯЧ ЧАСОВ)**
6. **ПО СТРОГОСТИ ТРЕБОВАНИЙ НА ВЫПОЛНЕНИЯ DEADLINE ЗАДАЧИ (СИСТЕМЫ) ОТНОСЯТ К КЛАССАМ «ЖЕСТКОГО РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ» (HARD REAL-TIME), «МЯГКОГО РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ» (SOFT REAL-TIME) И «ТВЕРДОГО РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ» (FIRM REAL-TIME)**
7. **НАРЯДУ С ЗАДАЧАМИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В СИСТЕМЕ РЕШАЮТСЯ ЗАДАЧИ «НЕРЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ» (NON-REAL-TIME SYSTEM), КОТОРЫМ (КАК ПРАВИЛО) ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ БОЛЕЕ НИЗКИЙ ПРИОРИТЕТ**
8. **ПОВЫШЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ ПО СРАВНЕНИЮ С СИСТЕМАМИ «НЕРЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»**



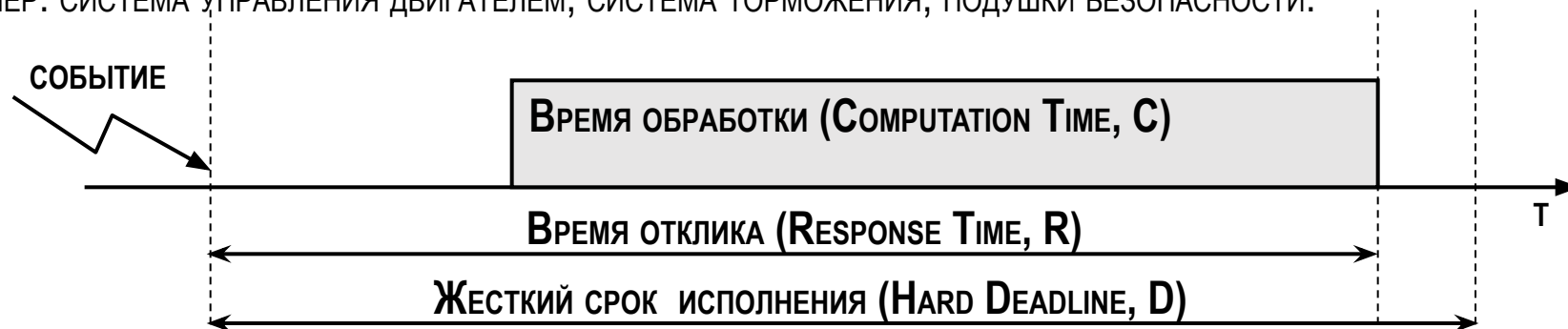
1. СИСТЕМЫ «ЖЕСТКОГО» РВ

2. СИСТЕМЫ «МЯГКОГО» РВ

СИСТЕМОЙ «ЖЕСТКОГО» РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НАЗЫВАЕТСЯ СИСТЕМА, ГДЕ НЕ СПОСОБНОСТЬ ОБЕСПЕЧИТЬ РЕАКЦИЮ НА КАКИЕ-ЛИБО СОБЫТИЯ В ЗАДАННОЕ ВРЕМЯ ЯВЛЯЕТСЯ ОТКАЗОМ И ВЕДЕТ К НЕВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ, Т.Е. СИСТЕМЫ ЖЕСТКОГО РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НЕ ДОПУСКАЮТ НИКАКИХ ЗАДЕРЖЕК РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ НИ ПРИ КАКИХ УСЛОВИЯХ, ТАК КАК:

- РЕЗУЛЬТАТЫ МОГУТ ОКАЗАТЬСЯ БЕСПОЛЕЗНЫ В СЛУЧАЕ ОПОЗДАНИЯ,
- МОЖЕТ ПРОИЗОЙТИ КАТАСТРОФА В СЛУЧАЕ ЗАДЕРЖКИ РЕАКЦИИ,
- СТОИМОСТЬ ОПОЗДАНИЯ МОЖЕТ ОКАЗАТЬСЯ БЕСКОНЕЧНО ВЕЛИКА.

ПРИМЕР: СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ; СИСТЕМА ТОРМОЖЕНИЯ; ПОДУШКИ БЕЗОПАСНОСТИ.



ЖЕСТКОЕ РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ (HARD REAL TIME) ТРЕБУЕТ, ЧТОБЫ ВРЕМЯ ОТКЛИКА НИКОГДА НЕ ПРЕВЫШАЛО СРОК ИСПОЛНЕНИЯ (Т.Е. R МЕНЬШЕ ЛИБО РАВНО D).

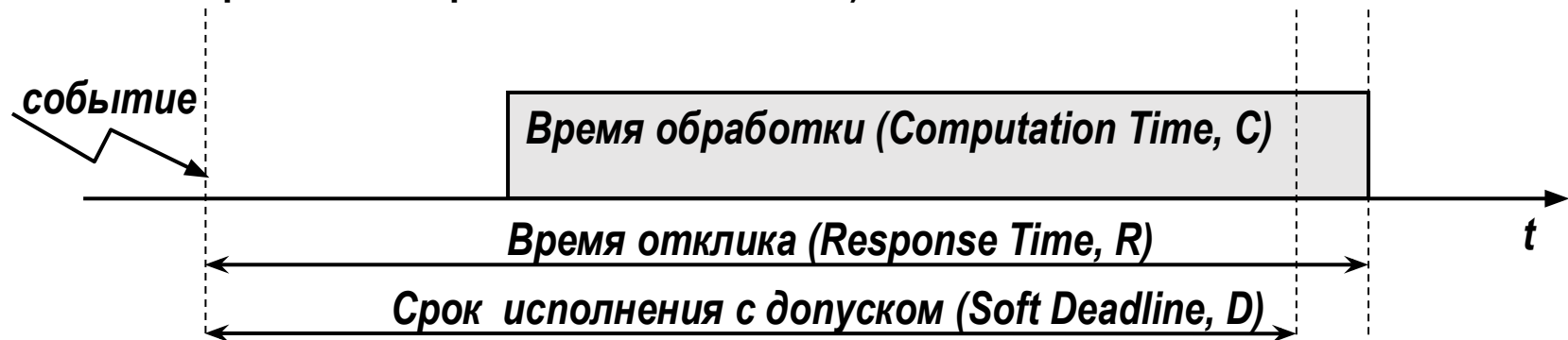
В СЛУЧАЕ, ЕСЛИ СРОК ИСПОЛНЕНИЯ ИСТЕКАЕТ, А ОТКЛИК НЕ БЫЛ ВЫРАБОТАН, ПРОИСХОДИТ ФАТАЛЬНЫЙ ОТКАЗ СИСТЕМЫ.

ТРЕБУЕТСЯ В БОЛЬШИНСТВЕ ВСТРОЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ!



Системы «мягкого» реального времени характеризуются тем, что задержка реакции не критична, хотя и может привести к увеличению стоимости результатов и снижению производительности системы в целом.

«deadline» директивный срок, до истечения которого задача должна обязательно (для систем мягкого реального времени – желательно) выполняться.



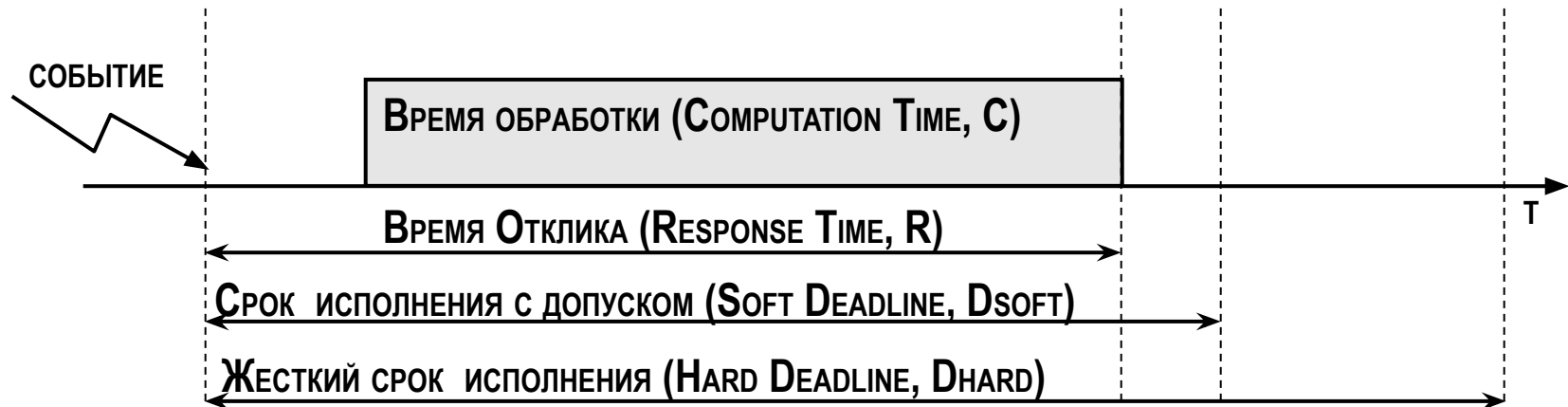
Реальное время с допусками (soft real time) допускает флуктуации времени отклика при условии, что среднее время отклика равно сроку исполнения (т.е. R в среднем равно D). Система работает хуже (деградирует), но сохраняет работоспособность даже если срок исполнения иногда просрочен.

Например: Сети передачи данных, сервер БД.

Основное отличие: система жесткого реального времени никогда не опоздает с реакцией на событие, система мягкого реального времени - не должна опаздывать с реакцией на событие.



КОМБИНИРОВАННОЕ РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ (FIRM REAL TIME) КОМБИНИРУЕТ ДВА СРОКА ВЫПОЛНЕНИЯ - КОРОТКОГО «С ДОПУСКОМ» И БОЛЕЕ ДЛИННОГО «ЖЕСТКОГО» (Т.Е. R В СРЕДНЕМ РАВНО D_{SOFT} , НО МЕНЬШЕ ЛИБО РАВНО D_{HARD}).



ПРИМЕРЫ:

- МУЛЬТИ-МЕДИА ПРИЛОЖЕНИЯ
- ВЫСОКО-СКОРОСТНЫЕ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ



THANK YOU!

