

## Особенности формирования свойств модулей обработки периодических событий в системах реального времени

Достлев Ю.С.

Донецкий национальный технический университет  
dostlev@cs.dgtu.donetsk.ua

*Достлев Ю.С. «Особенности формирования свойств модулей обработки периодических событий в системах реального времени». Выполнен анализ особенностей обработки периодических событий в системах контроля и управления технологическими процессами. Рассмотрены основные характеристики оценки качества контроля и управления непрерывными процессами методами периодизации обработки первичной информации и формирования управляющих воздействий. Рассмотрены особенности организации периодизации программной обработки информации в средах систем реального времени с учетом особенностей физических процессов автоматизируемого объекта. Изучены характеристики нарушений параметров реального времени в зависимости от способов организации управления периодическим их вызовом и информационным взаимодействием с контролируемым объектом. Выполнено обоснование выбора способа управления периодизацией в зависимости от особенностей параметров реального времени систем непрерывного автоматизированного контроля оперативного состояния динамических объектов.*

**Ключевые слова:** система реального времени, управление периодической обработкой, параметры систем реального времени, достоверность решения задач реального времени, супервизор задач реального времени.

### Введение

Системы реального времени (СРВ) являются аппаратно-программной основой построения всех автоматизированных систем контроля и управления параметрами реальных объектов. Решение любой задачи реального времени всегда базируется на организации информационного взаимодействия вычислительной среды системы с элементами реального объекта, участвующего в решении единой задачи контроля и управления – задачи автоматизации. Поскольку все параметры реальных сред обладают свойством непрерывности во времени, то цифровой вычислитель управляющей системы решает задачи контроля и управления в среде с дискретизацией значений переменных объекта.

В большинстве случаев используется синхронная дискретизация с постоянными значениями интервалов информационного взаимодействия – период обмена. Таким образом решение задачи в среде управляющего вычислителя может быть представлено как последовательность обработки событий реального времени (РВ).

Значения периодов обосновываются с учетом динамических характеристик непрерывных параметров, значения которых существенны для решения единой задачи автоматизации данного конкретного объекта.

Для обеспечения достоверности получаемого решения задачи автоматизации, в среде вычислителя требуется обработка множества

событий, количество которых определяется особенностями автоматизируемого объекта. При этом качество получаемого в цифровой среде решения, а соответственно и достоверность, во многом зависят от возможных нарушений параметров реального времени в организации событий реального времени.

### Особенности параметров обработки периодических событий

Кроме периодических событий дискретизации непрерывных параметров объекта, в данное множество включаются и события, порождаемые стохастическими изменениями состояний объекта. В большинстве случаев обработка таких событий является более приоритетной по сравнению с обработкой периодических событий. В соответствии с этим обработка таких событий может быть реализована в режиме обработки прерываний, а соответственно прерывать решение модулей периодического решения задачи – инициативная обработка.

Наличие инициативной обработки, а также множество событий, имеющих различные значения периодов, приводит к значительной неопределенности в соответствии моментов наступления периодических событий и моментов начала их обработки. Несоответствие моментов наступления событий и моментов их обработки, является одним из основных факторов нарушений при решении задач реального времени (рис. 1).

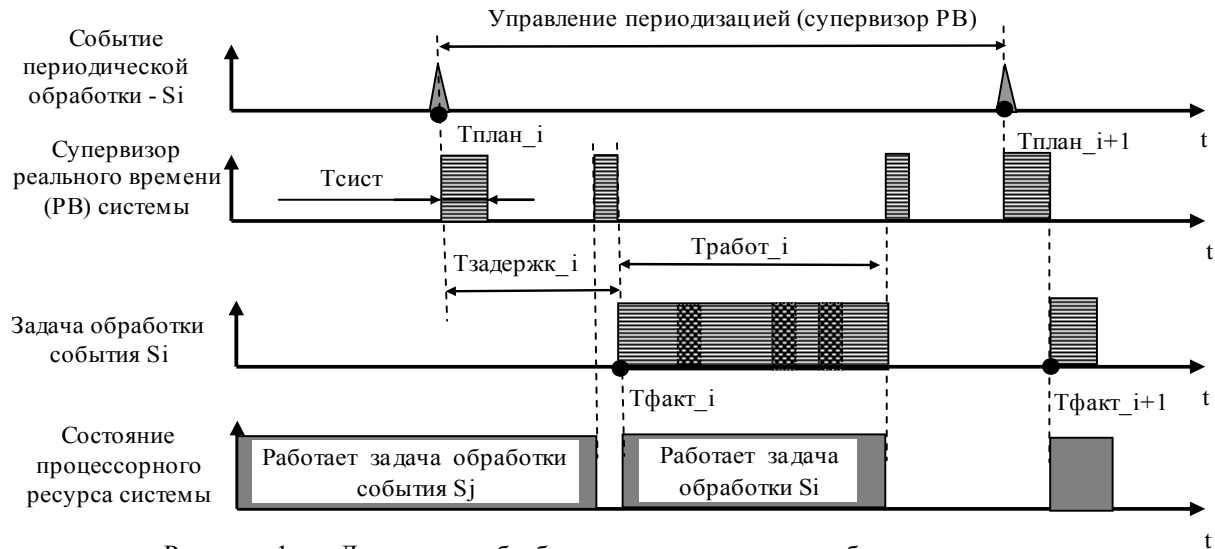


Рисунок 1. – Диаграмма обработки периодического события реального времени с интервалом нарушения

Существенным является количественное значение интервалов времени задержек ( $T_{\text{задержк}_i}$ ) в обработке событий реального времени, поскольку определяет степень нарушения периодичности обработки событий. Рассмотрим на примере диаграммы обработки периодического события реального времени интервалы возможных нарушений (рис. 1).

Интервал задержки состоит из двух составляющих:

$$T_{\text{задержк}_i} = T_{\text{сист}} + T_{\text{зд\_проц}}$$

$T_{\text{сист}}$  – интервал обработки события системным ПО РВ – супервизором РВ;

$T_{\text{зд\_проц}}$  – занятие процессорного ресурса, не позволяющее начать обработку текущего события.

Величина интервала  $T_{\text{сист}}$  определяется алгоритмической реализацией супервизора и для каждой системы РВ является значением приблизительно константным и несравнимо меньшим с интервалами обработки проблемных событий ( $T_{\text{сист}} \ll T_{\text{зд\_проц}}$ ) поэтому в дальнейшем будем рассматривать зависимость нарушений периодизации с исключением интервалов обработки событий системными средствами. Таким образом отсутствие задержек характеризуется совпадением плановых моментов наступления периодических событий с моментами фактического вызова задач их обработки

$$T_{\text{план}_i} = T_{\text{факт}_i}$$

При наличии задержек эти моменты не совпадают, и соответственно нарушаются интервалы времени между последующими сопряженными вызовами задачи периодической обработки относительно определяемого динамическими особенностями параметра объекта, которое в большинстве случаев должно быть константным ( $T_{\text{период}}$ )

$$(T_{\text{факт}_{i+1}} - T_{\text{факт}_i}) = \Delta T_{\text{факт}} \neq T_{\text{период}}$$

Отклонения интервалов вызова обработчика могут быть двухсторонними, то есть  $\Delta T_{\text{факт}} > T_{\text{период}}$  или  $\Delta T_{\text{факт}} < T_{\text{период}}$ .

Анализ особенностей динамических параметров реальных объектов с их отображением в дискретные значения программной среды управляющего вычислителя, приводит к выделению подмножеств, для которых направление отклонений от константности значения периода обработки являются существенными. Не учет таких ограничений приводит к снижению точности и достоверности решения единой задачи автоматизации [2].

В среде вычислителя СРВ моменты планового наступления событий определяются внутренними средствами на основе программирования параметров таймеров. Поэтому при проектировании СРВ актуальной является задача проведение анализа характеристик непрерывных параметров интерфейса вычислителя с объектом и адаптация системного ПО с индивидуальным способом организации планирования периодических событий и контролем их обработки.

В большинстве случаев достаточно все множество параметров РВ по динамическим характеристикам разделить на два подмножества: не инерционные с дискретно – интегральными характеристиками и инерционные со значительными значениями постоянных времени. В соответствии с этим для каждого подмножества необходимо обеспечить дискретизацию с параметрами, обеспечивающими максимальную достоверность получаемого решения единой задачи.

Параметры с дискретно-интегральными характеристиками требуют обеспечения константного значения вызовов задачи обработки на любом заданном интервале времени. Инерционные параметры предъявляют ограничение на минимальное значение интервала времени между сопряженными моментами их обработки.

С учетом приведенных основных требований к обработке различных параметров. В среде супервизора РВ должны быть реализованы две стратегии управления периодизацией. Характеристики стратегий организации периодической обработки событий оцениваются по двум критериям: число вызовов задач обработки на любом заданном интервале времени и константность значения минимального интервала

времени между последующими вызовами задачи обработки.

### Характеристики задач с различными способами организации периодической обработки событий

Для анализа характеристик периодизации вызова задач обработки рассмотрим диаграмму на рисунке 2.

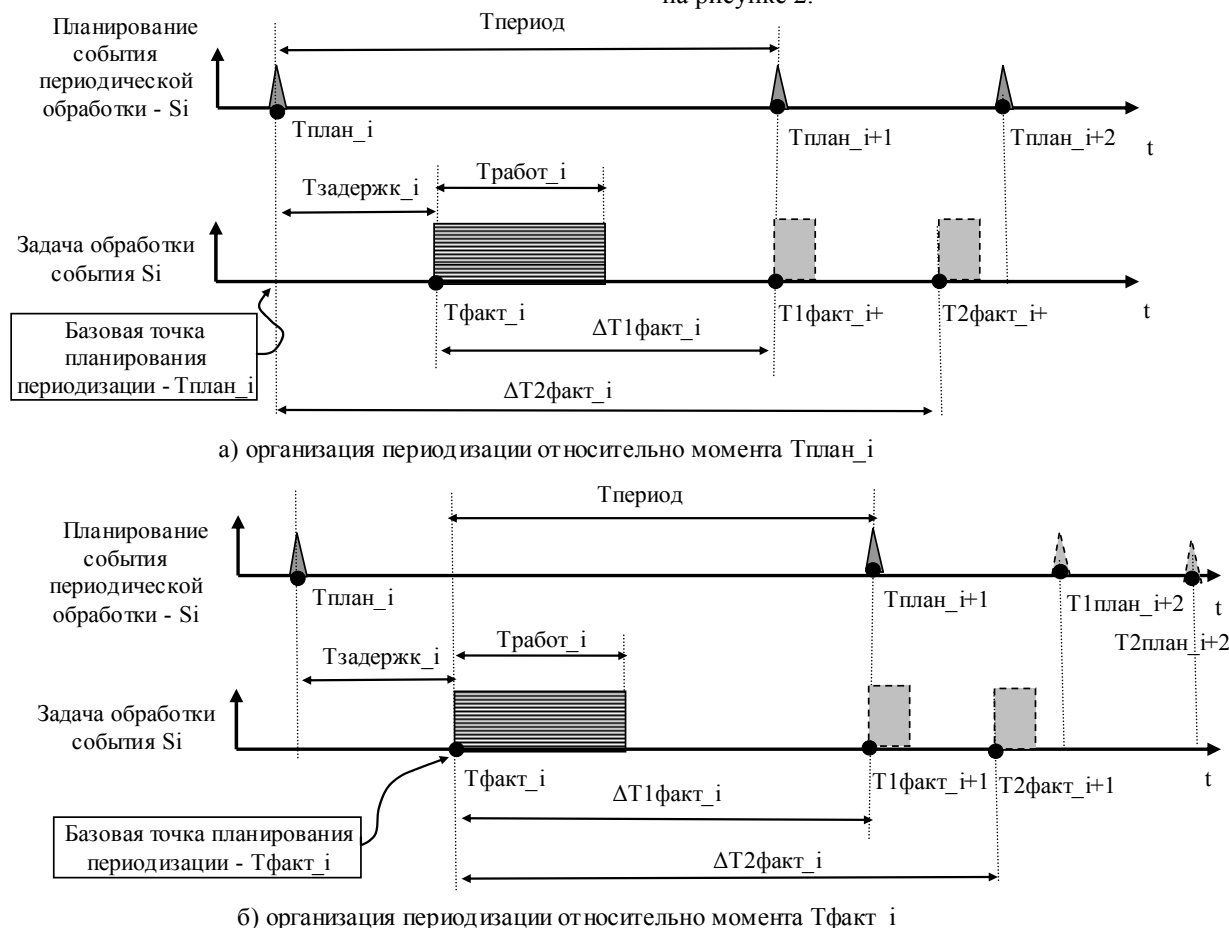


Рисунок 2. – Диаграммы организации периодизации относительно разных базовых моментов времени

Основным отличием способов управления периодизацией является выбор базовой точки отсчета периода для планирования следующего события.

В первом случае при назначении следующего момента планового события в качестве базовой принимаем момент предыдущего планового вызова

$$T_{\text{план}_{i+1}} = T_{\text{план}_i} + T_{\text{период}}$$

Во втором случае в качестве базовой принимается момент фактического вызова задачи обработки предыдущего события

$$T_{\text{план}_{i+1}} = T_{\text{факт}_i} + T_{\text{период}}$$

Выполним оценку характеристик периодизации задач в зависимости от выбора базовой точки планирования периодических событий по критериям в соответствии с ранее рассмотренными особенностями периодизации параметров РВ:

1) количество вызовов задачи обработки на любом заданном интервале времени –  $K_{\text{вызов}}$ ;

2) величина интервала времени между последующими вызовами задачи обработки –  $\Delta T_{\text{факт}}$ .

Для планирования периодизации относительно от  $T_{\text{план}}$ . По первому критерию гарантируется константное значение числа вызовов задач обработки на любом интервале решения (Треш), которое может быть рассчитано априорно до начала решения задачи

$$K_{\text{вызов}} = \text{Треш} / T_{\text{период}}$$

По второму критерию получаем диапазон возможных значений интервалов между последующими вызовами задачи обработки (рис.2.а  $\Delta T1_{\text{факт}} - \Delta T2_{\text{факт}}$ ):

$$\Delta T_{\text{факт\_мин}} = (T_{\text{период}} - T_{\text{здержк}});$$

$$\Delta T_{\text{факт\_мах}} = (T_{\text{период}} + T_{\text{здержк}}).$$

Для планирования периодизации относительно от Тфакт. По первому критерию число вызовов не константно и может изменяться в диапазоне:

$$K_{\text{вызов\_мин}} = T_{\text{греш}} / (T_{\text{период}} + T_{\text{задержк}});$$

$$K_{\text{вызов\_мах}} = T_{\text{греш}} / T_{\text{период}}.$$

По второму критерию получаем диапазон возможных значений интервалов между последующими вызовами задачи обработки (рис. 2.6  $\Delta T1_{\text{факт}} - \Delta T2_{\text{факт}}$ ):

$$\Delta T_{\text{факт\_мин}} = T_{\text{период}};$$

$$\Delta T_{\text{факт\_мах}} = (T_{\text{период}} + T_{\text{задержк}}).$$

### Применение

Способ управления периодизацией относительно  $T_{\text{план}}$  обладает константной стабильностью по критерию числа вызовов задачи обработки, но имеет большой разброс значений интервалов между последующими вызовами, значения которого зависят от недетерминированного параметра  $T_{\text{задержк}}$ .

Способ управления периодизацией относительно  $T_{\text{факт}}$  не гарантирует константного числа вызовов задач на интервале решения, но обладает свойством гарантированности константного минимального значения интервала между последующими вызовами.

При проектировании СРВ необходимо на основе анализа динамических характеристик интерфейсных параметров объекта, применять соответствующий способ управления периодизацией в среде системного ПО системы.

### Список литературы

1. Мартин Дж. Программирование для вычислительных систем реального времени. – М.: Наука, 1975.
2. Гусев Б.С. и др. Автоматизация поточного контроля и учета проката на блюмингах комбината «Криворожсталь» // Металл и литье Украины, № 5 – 6. 2000. – С. 17 – 21.

### References (transliteration)

1. Martin Dzh. Programirovanie dlja vychislitel'nyh sistem real'nogo vremeni [Programming for real-time computing]. – М.: Nauka, 1975.
2. Gusev B.S. and dr. Avtomatizacija potocnogo kontrolja i ucheta prokata na bljumingah kombinata «Krivorozhstal'» [Automation in-line monitoring and accounting rolled on a blooming plant “Kryvorizhstal”] // Metall i lit'e Ukrainy, no 5 – 6. 2000. – pp. 17 – 21.

*Достлев Ю.С. «Особливості формування властивостей модулів обробки періодичних подій у системах реального часу». Виконано аналіз особливостей обробки періодичних подій у системах контролю та управління технологічними процесами. Розглянуто основні характеристики оцінки параметрів контролю та управління безперервними процесами методами періодизації обробки первинної інформації та формування керуючих впливів. Вивчені характеристики порушень параметрів реального часу у відповідності до способів організації управління періодичним їхнім викликом та інформаційною взаємодією з об'єктом. Виконано обґрунтування вибору варіанта управління періодизацією у відповідності до особливостей параметрів реального часу систем безперервного автоматизованого контролю оперативного стану динамічних об'єктів.*

**Ключеві слова:** система реального часу, керування періодичною обробкою, параметри систем реального часу, достовірність рішення задач реального часу, супервізор задач реального часу.

*Dostlev Y.S. “Features of formation properties of processing modules periodic events in real-time”. The analysis of real-time systems as the basis for building automation systems of technological objects. Consider the set of real-time events, the processing of which is a prerequisite for solving a single task automation. All events make up the interface of the calculator with a medium controlled or managed processes object. Recurring events allow the calculator to interface with the media object to the assessment of quantitative changes of states of the object in real-time pace. The reliability of the events provided by the specified boundaries exactly time parameters that characterize the event and are largely dependent on the characteristics of the dynamic characteristics of the specific parameters of the calculator interface with the object. The analysis of the characteristics of processing periodic events in monitoring systems and process control. The main characteristics of the evaluation of the quality control and management of continuous processes periodization methods of processing of the primary information and the formation of the control actions. The features of the organization of the periodization program information processing in real-time environments, taking into account features of the physical processes preseed object. The characteristics of violations of real-time parameters and depending on the organization of periodic control of their call and information exchange with the controlled object. Achieved rationale for the selection control method periodization, depending on features real-time parameters of the automated systems of continuous monitoring of operational status of dynamic objects.*

**Key words:** real-time control of batch processing, real-time parameters, the accuracy of real-time problem solving, supervisor real-time tasks.

Статья поступила в редакцию 16.07.2014  
Рекомендована к публикации д-ром техн. наук Ф.В. Недопекиным