

## Событийная модель технологического объекта в системах реального времени

Достлев Ю.С., Чередникова О.Ю.

Донецкий национальный технический университет  
dostlev@cs.dgtu.donetsk.ua, olga.donntu@gmail.com

*Достлев Ю.С., Чередникова О.Ю. «Событийная модель технологического объекта в системах реального времени». Выполнен анализ особенностей параметрического представления технологических процессов в среде системы реального времени, как основы построения АСУ ТП. На основе анализа особенностей параметрической оценки состояний процессов предложена модель отображения текущих состояний технологических процессов на основе обработки двух множеств событий. Основой декомпозиции событий на два подмножества предложено использовать их функциональную значимость в среде контролируемых процессов и особенности инициализации их обработки в среде вычислителя системы реального времени. В соответствии с предложенной моделью строится системное и проблемное программное обеспечение системы реального времени. Рассмотрены вопросы синхронизации алгоритмической обработки состояний контролируемых технологических процессов в соответствии с особенностями событийного моделирования процессов. Выполнен анализ форматов представления, а также организации счета и учета параметров времени в среде алгоритмической обработки системы реального времени.*

**Ключевые слова:** система реального времени, управление обработкой состояний технологических объектов, параметры систем реального времени, решение задачи реального времени, супервизор задач реального времени.

### Введение

Системы реального времени (СРВ) являются аппаратно – программной основой построения АСУ технологическими процессами (ТП). В среде СРВ решается единая задача, в контур которой входит обработка совокупности параметров, обеспечивающих получение достоверной оценки текущего состояния технологического процесса. Совокупность существенных параметров технологического процесса образует модель контролируемого технологического объекта.

Текущее состояние процесса может быть представлено двумя множествами параметров:

– параметры, отображающие количественные характеристики текущего состояния объекта в рамках текущей конфигурации модели;

– множество параметров, характеризующих моменты и направления изменения структуры модели, описывающей процессы в объекте.

Параметры каждого из этих множеств функционально различны и их особенности существенно влияют на их алгоритмическую обработку при решении задачи контроля и управления процессами в объекте. Количественные параметры выступают в роли значений переменных в математическом описании модели объекта, а качественные должны быть учтены в изменении структуры описания процессов. В соответствии с этим

можно говорить о множестве моделей, переходы между которыми аналогичны изменениям состояний управляющего автомата. В соответствии с представлением модели процессов в виде ориентированного графа состояний, необходимо рассмотреть множества событий, которые позволяют выполнять обработку параметров процессов в рамках некоторого состояния и множество событий, каждое из которых инициирует переход моделирующей среды в новое состояние.

### Модели и состояния технологических процессов в среде системы реального времени

В СРВ информационное взаимодействие среды алгоритмической обработки с параметрами объекта всегда реализуется как отображение состояния объекта на принятую для него модель. Выполнение алгоритмической обработки параметров в процессе решения единой задачи контроля и управления всегда в явном или неявном виде привязано к параметрам моментов реального времени в оценке текущих состояний объекта (рис. 1).

Алгоритмическая обработка в среде цифровых процессоров представляет собой последовательность шагов обработки текущих состояний объекта в соответствии с принятой его математической моделью.

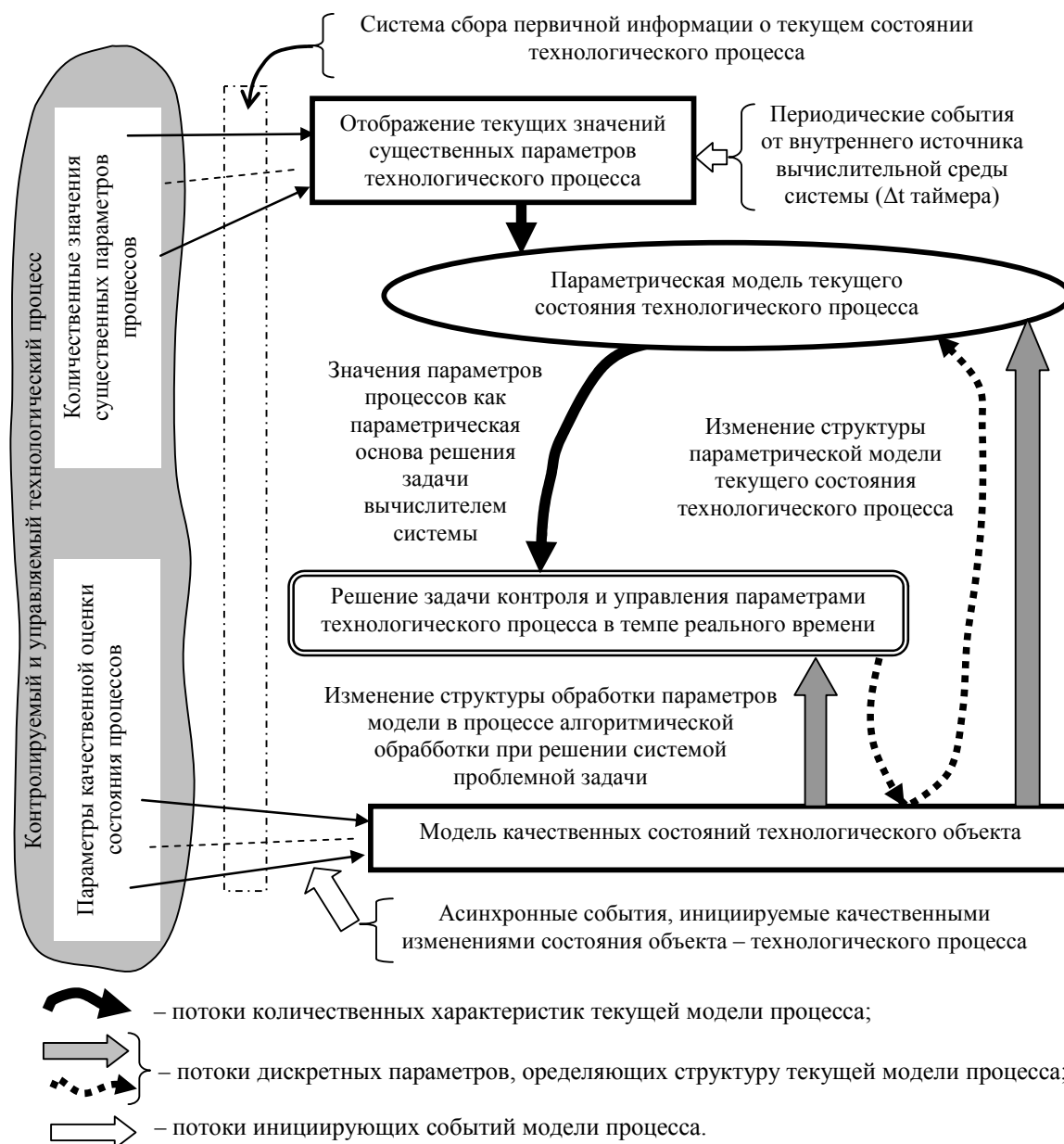


Рисунок 1. – Структура событийной модельной поддержки решения задачи в среде системы реального времени

Инициализация каждого из шагов в большинстве случаев требует завершения алгоритмической обработки предыдущего шага. Моменты планового начала алгоритмической обработки отдельных шагов могут инициироваться синхронно или асинхронно по отношению к организации счета времени в системе. Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки.

При асинхронной реализации вычислений удастся достичь минимального значения длительностей шагов, а соответственно и минимальных значений интервалов дискретизации контроля текущих состояний объекта, но затруднено численное

представление значений моментов времени оценки текущих состояний, а соответственно и моментов времени, характеризующих начала шагов обработки. Длительности интервалов дискретизации времени информационного взаимодействия с состояниями объекта зависят от длительностей интервалов выполнения расчетов на каждом из шагов.

При синхронном способе инициализации вычислений моменты времени оценки состояний объекта, а соответственно и выполнения шагов расчетов, всегда кратны интервалам времени, которые назначаются из среды системного программного обеспечения СРВ с учетом особенностей дискретизации

параметра времени. Таким образом, интервалы дискретизации в обработке текущих состояний не имеют непосредственной привязки к длительностям интервалов выполнения алгоритмической обработки на каждом из шагов, что резко упрощает учет параметров времени при реализации вычислений на каждом из шагов, и позволяет оптимизировать длительности интервалов самих шагов обработки.

### **События, модели и учет реального времени в системе**

Достоверная оценка текущих состояний объекта на каждом из шагов выполняется с привязкой к некоторой модели объекта в совокупности с множеством существенных параметров, достаточных для достижения требуемой точности решения единой задачи контроля и управления. Все существенные параметры объекта обладают свойством непрерывности во времени.

Периодическое выполнение шагов обработки параметров объекта позволяет реализовать учет непрерывного изменения состояния объекта и соответственно корректно решать единую задачу контроля и управления.

Структурные особенности математической модели во многом зависят от особенностей протекания технологических процессов в объекте и в большинстве случаев полная математическая модель объекта обладает свойством переменности структуры. Моменты изменения структуры модели объекта всегда можно ассоциировать с некоторым множеством дискретных событий в среде объекта, которые отражаются в вычислительной среде соответствующим множеством дискретных сигналов. Характерной особенностью моментов изменения структур объектов является их асинхронность во времени и в большинстве случаев недетерминированность в параметрической области (рис. 2).

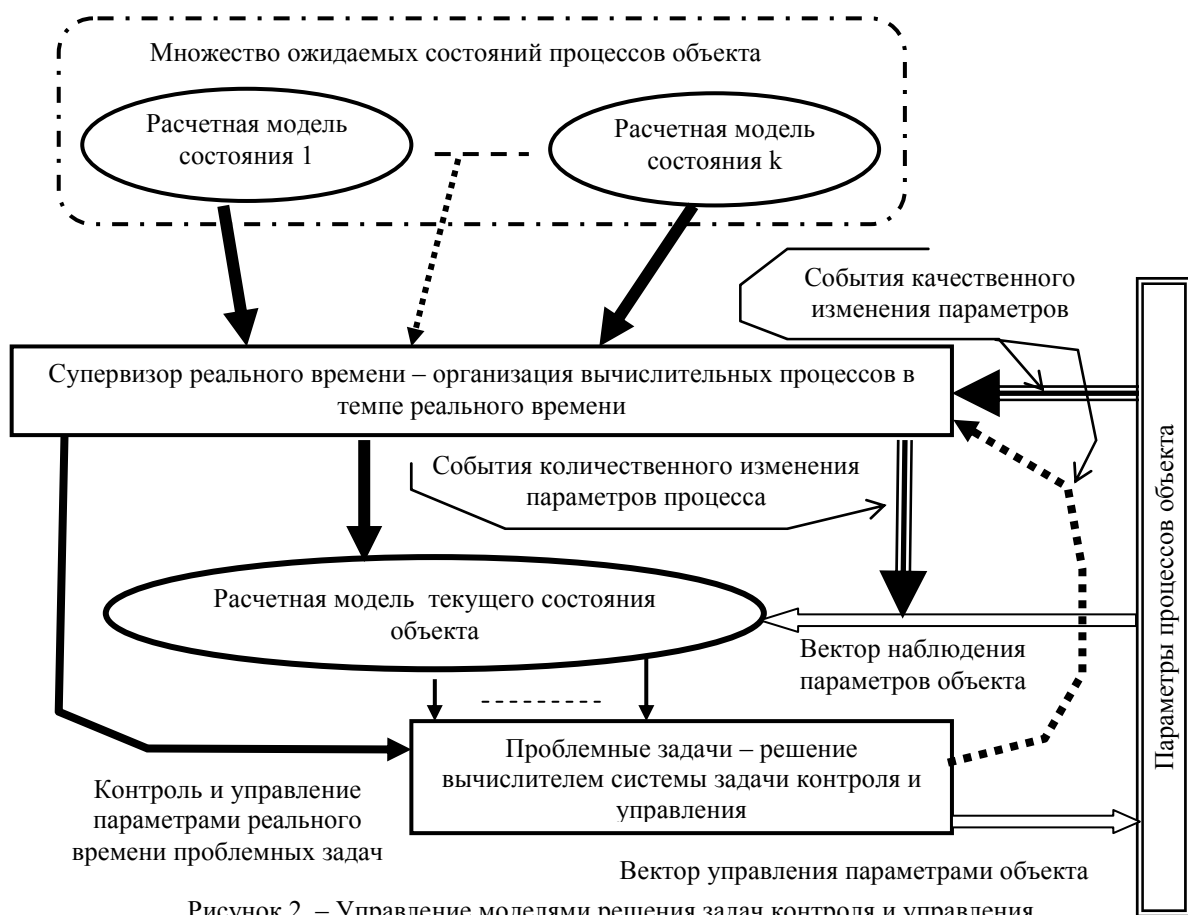


Рисунок 2. – Управление моделями решения задач контроля и управления в системе реального времени

Таким образом, полная модель состояния технологического объекта может быть представлена в виде некоторого вида модели текущего состояния, структура и параметры

которой управляются средствами системного программного обеспечения – супервизором реального времени на основе совокупности

множества априорно определенных в системе параметрических моделей процессов.

Событиями, инициирующими изменения текущей модели, являются параметры качественного изменения процессов в объекте, а событиями адаптации текущей модели настройки – ее текущие значения наблюдаемых параметров объекта. Таким образом, управление моделями решения задачи контроля и управления определяется двумя видами событий:

– периодические события, учитывающие количественные изменения параметров, которые позволяют достоверно выполнить оценку текущего состояния объекта в рамках реализации ранее используемой математической модели;

– асинхронные события, характеризующие качественные изменения параметров объекта, требующих изменения структуры математической модели в вычислительной среде.

**Выводы. Организация управления модельным пространством СВВ средствами системного ПО**

Представление множества возможных состояний объекта в виде ориентированного графа моделей позволяет решать две задачи системного программирования: управление информационным взаимодействием прикладной вычислительной среды с параметрами процессов объекта и обеспечить достоверное отображение текущих состояний технологических процессов на алгоритмическую структуру прикладной решающей среды (рис. 3).

Все виды событий модели в среде вычислителя обрабатываются множеством назначенных проблемных задач. Организация вычислительного процесса в соответствии с требованиями к обработке модельных событий возлагается на системное программное обеспечение (ПО) СВВ. Ядром системного ПО в структуре СВВ является супервизор реального времени. Информационно-параметрическая база супервизора позволяет реализовать индивидуальную настройку соответствия параметров событий модели и их обработку проблемными задачами.

Составляющие множества событий качественных изменений в объекте в ряде случаев могут инициироваться не только непосредственно из среды объекта, но и формироваться в вычислительной среде в процессе реализации текущего шага. То есть такие события могут иметь синхронную привязку аналогично периодическим событиям.

Способ генерации таких событий определяется особенностями инициирующих параметров и физическими возможностями их формирования с использованием инициативных датчиков в системе сбора параметров объекта или программно – вычислительными средствами в рамках среды текущей модели.

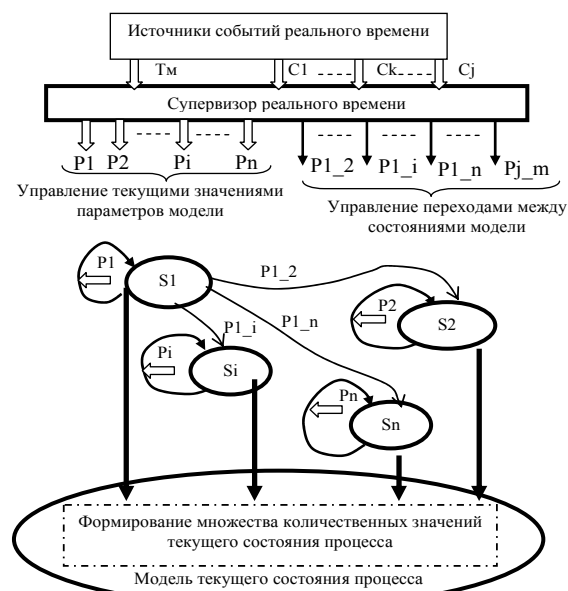


Рисунок 3. – Граф моделей технологического процесса с событийным управлением переходами:

$S_1 \div S_n$  – состояния моделей;  
 $P_1 \div P_n$  – события параметрического изменения текущей модели без изменения состояния;  
 $\{P_{j\_m}\}$  – события изменения состояния модели;  
 $C_1 \div C_j$  – первичные асинхронные события из среды объекта;  
 $T_m$  – таймер системы.

В первом случае обеспечивается минимальная длительность задержки между изменениями в состоянии объекта и их учете в изменении структуры вычислительной модели. На аппаратно – программном уровне системы это обеспечивается асинхронной обработкой физических сигналов прерываний с назначением требуемого уровня приоритетов.

Во втором случае величина задержки по времени между изменениями параметров текущего состояния объекта и его учете в изменении структуры модели объекта может достигать значения интервала периодической обработки в сумме с максимальным допустимым значением задержки обработки.

При построении событийной модели технологического объекта учитываются уровень точности имеющихся на данный момент математических описаний процессов в объекте, а также способы получения совокупности информации о текущих значениях параметров объекта.

**Список литературы**

1. Достлев Ю.С. Особенности формирования свойств модулей обработки периодических событий в системах реального времени // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – №1(6)–2(7), 2014. – С. 117 – 120.
2. Достлев Ю.С. Повышение информационной надежности оценки текущего состояния объекта автоматизации // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – №1(4)–2(5), 2013. – С. 96 – 99.
3. Лапко В.В., Чередникова О.Ю. Математическая модель переходных аэродинамических процессов в вентиляционных сетях с сосредоточенными и распределенными параметрами // Научные труды ДонНТУ, серия Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем. – №7 (150), 2008. – С. 40 – 51.
4. Дж. Мартин. Программирование для вычислительных систем реального времени. – М.: Наука, 1975.
5. Dostlev Y.S. Osobennosti formirovaniya svoystv modulej obrabotki periodicheskikh sobytij v sistemah real'nogo vremeni [Features of formation properties of processing units periodic events in real-time systems] // Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii v naukah o prirode i obshchestve, no1(6)–2(7). 2014. pp. 117 – 120.
6. Dostlev Y.S. Povyshenie informacionnoj nadezhnosti ocenki tekushchego sostoyaniya ob"ekta avtomatizacii [Improving of information reliability for assessment of the current state of the automation object] // Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii v naukah o prirode i obshchestve, no1(4)–2(5). 2013. pp. 96 – 99.
7. Lapko V.V., Cherednikova O.Y. Matematicheskaya model' perekhodnyh aehrodynamiceskikh processov v ventilyacionnyh setyah s sosredotochennymi i raspredeleennyimi parametrami [A mathematical model of transient aerodynamic processes in ventilation systems with concentrated and distributed parameters]. // Nauchnye trudy DonNTU, seriya Problemy modelirovaniya i avtomatizacii proektirovaniya dinamicheskikh sistem, no7(150), 2008. – pp. 40 – 51.
8. Dzh. Martin. Programmirovaniye dlja vychislitel'nyh sistem real'nogo vremeni [Programming for real-time computing]. – М.: Nauka, 1975.

**References (transliteration)**

1. Dostlev Y.S. Osobennosti formirovaniya svoystv modulej obrabotki periodicheskikh

*Достлев Ю.С., Чередникова О.Ю. «Подієва модель технологічного об'єкта у системах реального часу». Виконано аналіз особливостей параметричного уявлення технологічних процесів у середовищі системи реального часу, як основи побудови АСУ ТП. На основі аналізу особливостей параметричної оцінки станів процесів запропонована модель відображення поточних станів технологічних процесів на основі обробки двох множин подій. Основою декомпозиції подій на дві підмножини запропоновано використовувати їхню активну роль у середовищі контрольованих процесів і особливості ініціалізації їхньої обробки у середовищі обчислювача системи реального часу. Відповідно до запропонованої моделі будуватиметься системне та проблемне програмне забезпечення системи реального часу. Розглянуто питання синхронізації алгоритмічної обробки станів контрольованих технологічних процесів відповідно до особливостей подієвого моделювання процесів. Виконано аналіз форматів представлення, а також організації розрахунку і обліку параметрів часу в середовищі алгоритмічної обробки системи реального часу*

**Ключові слова:** система реального часу, управління обробкою станів технологічних об'єктів, параметри систем реального часу, рішення задачі реального часу, супервізор задач реального часу.

**Dostlev Y.S., Cherednikova O.Y. “Event model of technological object in real-time systems”.** The analysis of parametric representation of technological processes features in the real-time systems environment as the basis of APCS have been performed. Due to this analysis the model of technological processes current states reflection at the basis of two event sets have been offered. As the basis for event decomposition into two subsets is offered to use their functional significance in the controlled processes environment and initialization features of their processing in the environment of real-time systems' calculator. System and problem software for real-time systems is built in accordance with the proposed model. The article considers the questions of the timing of algorithmic processing states of the controlled processes according to features of processes event simulation. The analysis of the presentation formats, as well as the organization of time tracking within the algorithmic processing of real-time systems have been done.

**Keywords:** real time system, processing management of technological object states, the parameters of real-time systems, the real-time tasks supervisor.

Статья поступила в редакцию 05.06.2015

Рекомендована к публикации канд. техн. наук А.В. Звягинцевой