

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Н. П. КИРИЛЛОВ

Санкт–Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14–я линия ВО, д. 39, Санкт–Петербург, 199178

[kirill@spiiras.nw.ru](mailto:kirill@spiiras.nw.ru)

---

УДК 681.5

Кириллов Н. П. Классификация нештатных ситуаций процесса принятия решений при управлении техническими системами // Труды СПИИРАН. Вып. 7. — СПб.: Наука, 2008.

**Аннотация.** Предложена общесистемная структурно–функциональная модель управления состояниями технической системы для штатных условий ее функционирования. Дано определение понятия «нештатная ситуация процесса управления техническими системами». Обоснована система классификации нештатных ситуаций, использование которой позволяет детализировать возможные варианты решений, которые необходимо принимать при возникновении и выявлении таких ситуаций. — Библ. 3 назв.

UDC 681.5

Kirillov N. P. Classification of supernumerary situations of decision-making process at management of technical systems // SPIIRAS Proceedings. Issue 7. — SPb.: Nauka, 2008.

**Abstract.** The structurally functional model of management by behaviour of technical system for regular conditions is offered. Definition is made of concept «an abnormal situation of management of technical systems». The system of classification of the abnormal situations which use allows to detail possible variants of decisions which are necessary for accepting at occurrence and revealing of such situations is proved. — Bibl. 4 items.

---

## 1. Введение

В настоящее время проблемы повышения уровня автоматизации процессов управления состояниями технических систем (ТС), пределом которого являются автоматические системы управления, сводятся в основном к поиску решений по формированию и совершенствованию соответствующих правил принятия управленческих решений. При этом если применительно к *штатным* условиям и ситуациям (при выполнении которых предполагается, что управляемая система должна иметь *предсказуемое* поведение) создание таких правил во многих случаях не вызывает особых проблем, то применительно к *нештатным* ситуациям на пути их формирования возникают весьма существенные препятствия. Это обстоятельство вызвано рядом разнообразных причин, затрудняющих разработку методов и методик решения этой задачи с общесистемных позиций. В частности, анализ библиографии в области моделирования процессов управления состояниями ТС показывает, что до сих пор даже понятие «*нештатная ситуация*» не имеет общепринятого определения. Это существенно затрудняет поиск и разработку общесистемных методов и методик формирования правил принятия управленческих решений в таких ситуациях. Поэтому на пути разработки общесистемных подходов к решению проблемы создания таких методов и методик представляется целесообразным в первую очередь сформулировать определение этого понятия и решить задачу классификации нештатных ситуаций (НШ).

## **2. Структурно-функциональная модель процесса управления технической системой для штатных условий ее эксплуатации**

Для проведения следующих далее рассуждений введем определения трех понятий, сходных по названию с их аналогами, предложенными в [1].

**Определение 1.** Деятельным актом называется понятие, позволяющее представить процесс, инициируемый для получения заранее ожидаемого результата и состоящий из последовательности конечного числа действий, в виде одноактного перехода из начального события этого процесса в результат его завершения.

Каждый деятельный акт (ДА), в соответствии с этим определением, имеет свое начало (инициирующее его событие) и окончание (результат). Деятельные акты всегда инициируются в предположении, что в результате их выполнения в заданный момент или в заданном интервале времени будут получены заранее ожидаемые результаты. Это означает, что субъект, инициирующий деятельный акт, руководствуется при этом детерминированной моделью этого ДА. Так как любая модель является лишь некоторым приблизительным отражением соответствующего ей объекта, то допускаются ситуации, когда модель не соответствует этому объекту. Поэтому любой деятельный акт по результатам его выполнения может рассматриваться как успешный (при совпадении ожидаемого результата ДА с полученным) или как неуспешный (в противном случае).

**Определение 2.** Актогенезом деятельного акта называется результат его структурно-функциональной декомпозиции, представляющий собой причинно-следственные последовательности действий, выполняемых в процессе его реализации.

Из этого определения следует, что каждый ДА можно рассматривать в виде модели, соответствующей транзитивному замыканию причинно-следственных последовательностей действий (функций), составляющих его актогенез. Деятельный акт может быть представлен множеством моделей своего актогенеза, отличающихся друг от друга различными условиями его выполнения и степенью его детализации. Предельным уровнем детализации ДА целесообразно считать такой, на котором смысловое содержание всех действий составляющих модель актогенеза однозначно и правильно понимается их аналитиками. В частности, ему соответствует уровень, на котором допускается их описание в виде алгоритмически разрешимых функций.

Рис. 1 иллюстрирует введенные здесь понятия «деятельный акт» и «актогенез ДА».

**Определение 3.** Функциональным срезом модели актогенеза деятельного акта называется ее часть, включающая только те деятельные акты и причинно-следственные связи этой модели, которые соответствуют априори заданным (фиксированным) условиям реализации деятельного акта.

Различным условиям реализации деятельных актов могут соответствовать отличающиеся друг от друга варианты их выполнения, т.е. разные функциональные срезы модели его актогенеза. Любой функциональный срез модели можно интерпретировать как ее гомоморфный образ, полученный путем удаления из исходной модели всех причинно-следственных последовательностей, не соответствующих заданным условиям реализации ДА. Возможность представления модели актогенеза ДА в виде множества ее функциональных срезов отвечает известному принципу анализа сложных систем — «разделяй и власт-

вый» и позволяет существенно упростить анализ как самих таких «срезов», так и модели в целом.



Рис. 1. Иллюстрация понятий «деяельный акт» и «актогенез деяельного акта».

На рис. 2 показан пример модели актогенеза некоторого ДА и ее функционального среза при выполнении условия «*a*».

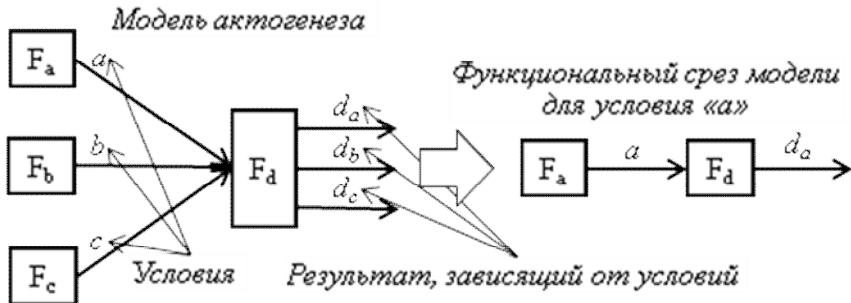


Рис. 2. Пример модели актогенеза и ее функционального среза.

Очевидно, что понятие «нештатная ситуация», используемое применительно к процессу управления состояниями ТС, можно интерпретировать как неуспешное выполнение соответствующего этому процессу деяельного акта. Это означает, что конкретизировать состав множества возможных нештатных ситуаций можно за счет детализации ДА, к которому они относятся. Следовательно, для решения этой задачи необходимо построить функциональный срез модели актогенеза этого ДА для штатных условий его реализации, а затем применительно к каждому элементу этого «среза» — элементарному ДА рассмотреть возможные причины его неуспешного выполнения. Это позволит классифицировать потенциально возможные нештатные ситуации по признаку, характеризующему место их возникновения в цепочке причинно-следственной связи, соответствующей рассматриваемому функциональному срезу, и за счет

этого конкретизировать смысловое содержание и возможные причины их возникновения.

В такой постановке эта задача ранее не ставилась и поэтому не имеет готового решения. Вместе с тем в монографии В.А. Карташева [1] и в ряде публикаций по тематике теории решения изобретательских задач [2] получены отдельные результаты в области структурно-функционального анализа процессов управления и функционирования ТС, которые могут быть использованы при ее решении. Эти результаты применительно к рассматриваемой задаче сводятся к следующим утверждениям:

- функциональный состав моделей любой управляемой ТС всегда включает в себя *управляющую* и *исполнительные* функциональные части. Каждой из них в составе ТС соответствуют реализующие их компоненты ее конструкции — управляющая и исполнительная. Под функциональными свойствами этих компонентов конструкции ТС понимаются свойства их структурно-функциональных моделей (функциональных частей);
- конечной целью управления ТС является перевод ее исполнительной части в соответствующее этой цели состояние и/или поддержание ее в этом состоянии заданное время;
- любая ТС может рассматриваться как компонент некоторой замкнутой (автономной) метасистемы, выполняющей функции *преобразователя* (ПР) каких-то определенных *потребностей* людей в ожидаемые *результаты*. Это преобразование осуществляется путем управляемого перевода исполнительной части ТС в требуемое для этого состояние. Каждая функция, выполняемая ПР, может рассматриваться в виде деятельного акта: «*Потребность*» → «*Результат*»;
- в функциональном составе ПР (аналогично функциональному составу ТС) всегда можно выделить исполнительную часть, роль которой выполняет техническая система, и управляющую часть, функции которой заключаются в управлении поведением ТС;
- модели актогенеза деятельного акта, реализуемого управляющей частью любой ТС, завершаются одним или несколькими независимыми друг от друга элементарными ДА, имеющими одно и то же общесистемное функциональное содержание. Оно заключается в выполнении функции преобразования *управляющих воздействий* (УВ) в соответствующее им состояние *управляющего устройства* (УУ) ТС. Изменение состояний УУ ТС рассматривается как *непосредственная причина* инициации процессов изменения состояний исполнительной части системы;
- функциональный срез модели актогенеза деятельного акта ПР для штатных условий его реализации, при которых ПР ведет себя предопределенным образом, может быть представлен на *общесистемном* уровне его рассмотрения в виде следующей причинно-следственной последовательности четырех деятельных актов: *Потребность* → *Формирование цели управления ТС* (1) → *Преобразование цели управления в управляющие воздействия ТС* (2) → *Переход устройств управления ТС в состояние, соответствующее УВ* (3) → *Переход исполнительной части ТС в состояние, соответствующее состояниям УУ* (4) = *Результат*.

Предложенная в [1, 2] модель функционального среза актогенеза ДА ПР, состоящая из четырех перечисленных выше элементарных ДА, не позволяет построить систему классификации НС, полезную в практическом отношении при разработке правил принятия управленческих решений. Для этого требует-

ся, не выходя за рамки общесистемного рассмотрения актогенеза ДА ПР, дополнительно детализировать его модель, в идеальном случае — до уровня, на котором используемым в ней элементарным деятельным актам могут быть сопоставлены алгоритмически разрешимые функции.

Для решения этой задачи использовались эмпирические методы последовательной функциональной декомпозиции и анализа структурно-функциональных закономерностей процессов функционирования и управления ТС. Использование таких методов, а также метода «проб и ошибок» позволило существенно детализировать модель, предложенную в [1, 2], и представить ее в виде, показанном на рис 3.

Предложенная модель формировалась как гомоморфный прообраз структурно-функциональных моделей процессов управления различными техническими системами в штатных условиях их эксплуатации. Это означает, что структурно-функциональная модель для любой конкретной ТС на некотором уровне детализации ее функционального состава либо полностью совпадает с предложенной моделью, либо состоит только из отдельных ее деятельных актов, выполняемых в той же последовательности, в какой они представлены в предложенной модели.

Модель предполагает последовательное выполнение пяти этапов.

**1. Подготовительный этап.** Этот этап должен быть выполнен до начала реализации ДА ПР. Его выполнение позволяет обеспечить необходимые условия для выполнения ДА ПР, поэтому он представлен в модели в явном виде, а не подразумевается, как в предыдущей модели, в виде условий, принимаемых и выполняемых по умолчанию.

Цель выполнения данного этапа состоит в выборе моделей и правил, позволяющих субъекту (субъектам) управления ТС выполнить деятельные акты, составляющие модель актогенеза ДА ПР для текущих (прогнозных) состояний среды и ресурсов ТС. На этом этапе должны быть решены следующие задачи:

- формирование множества моделей процессов функционирования ТС (ДА01) применительно к различным условиям функционирования, предусмотренным конструкцией и правилами эксплуатации этой системы;
- формирование множества моделей системы, выполняющей функцию преобразования команд управления ТС в управляющие воздействия (ДА02) применительно к различным условиям ее функционирования;
- формирование для каждого варианта моделей этих систем правил решений задач, выполняемых при реализации деятельных актов, составляющих модель актогенеза ДА ПР (ДА03);
- выбор моделей и правил, необходимых для реализации ДА ПР, соответствующих текущим состояниям среды и ресурсов ТС на интервале времени, достаточном для реализации ДА ПР (ДА04). Для решения этой задачи используется информация о текущих состояниях среды и ресурсов ТС.

Цель выполнения деятельных актов ДА01–ДА03 состоит в представлении исходной информации в виде, позволяющем субъекту (субъектам) управления ТС однозначно ее воспринимать и правильно использовать при решении всех задач в процессе реализации ДА ПР. Если при моделировании процесса управления какой-то конкретной ТС исходная информация изначально представлена в указанном выше виде, то эти деятельные акты в его модели можно не учитывать.

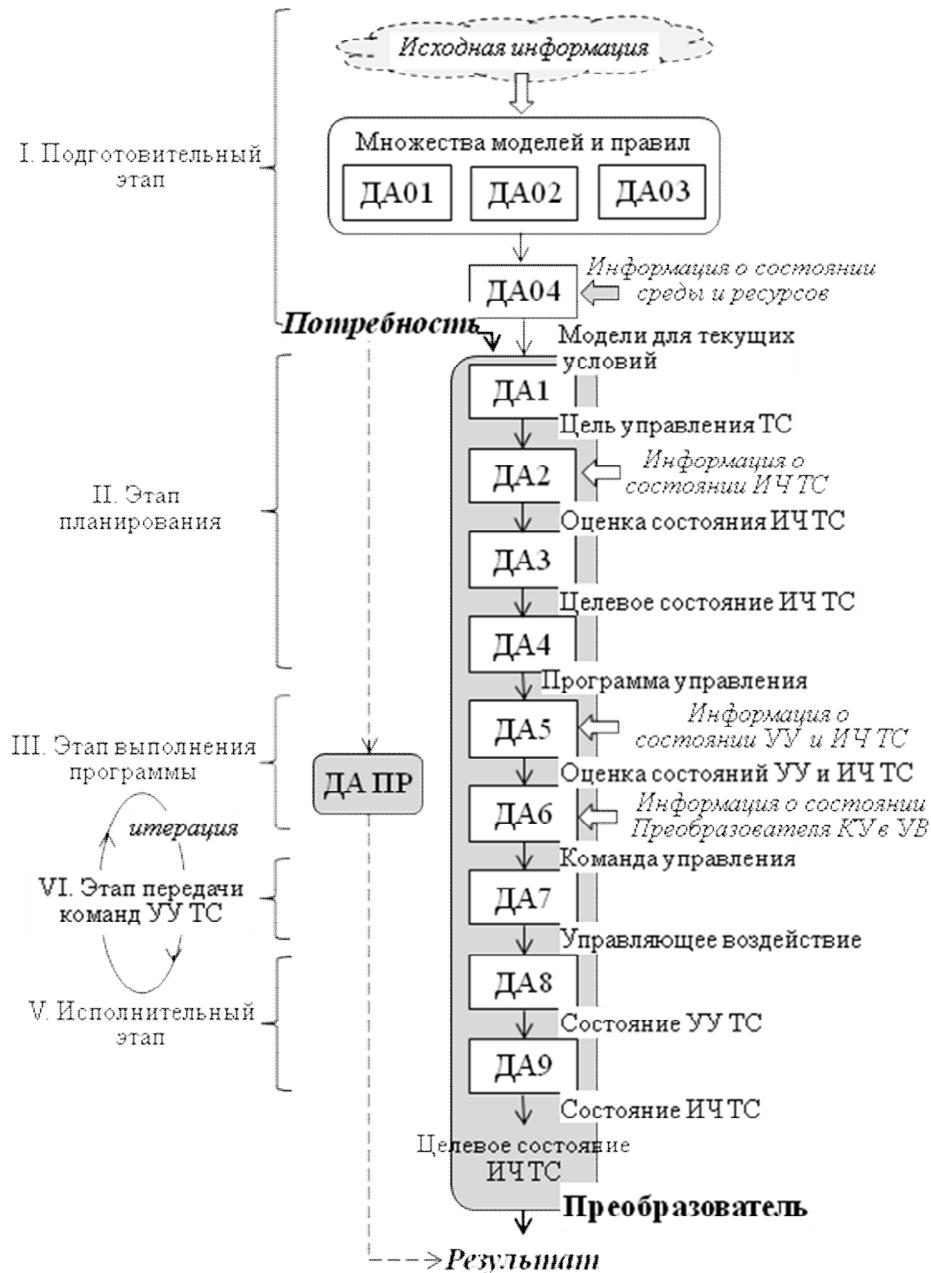


Рис. 3. Модель функционального среза модели актогенеза деятельного акта «Потребность» → «Результат» для фиксированных штатных условий.

**2. Этап планирования.** Цель выполнения данного этапа состоит в разработке конечной последовательности действий (программы управления ТС), реализация которых должна перевести ИЧ ТС в состояние (целевое состояние), при котором обеспечивается требуемый «Результат» реализации ДА ПР в требуемое время.

На этом этапе предполагается выполнение следующей последовательности деятельных актов.

Деятельный акт ДА1. В процессе его реализации выполняется функция преобразования «Потребности» в цель управления (ЦУ) ТС.

Понятие ЦУ ТС удобно представить в виде расширенной формы Бэкуса–Наура (РБНФ):

$$\text{ЦельУправленияТС} = (\text{СостояниеИЧТС} \mid \text{ПодмножествоСостоянийИЧТС}) \\ (\text{МоментВремени} \mid \text{ИнтервалВремени}).$$

Первая часть этого определения ЦУ ТС, заключенная в скобки, интерпретируется как некоторое целевое состояние или непустое подмножество одноклассовых состояний исполнительной части ТС. При этом предполагается, что при нахождении ИЧ ТС в любом из состояний этого подмножества обеспечивается ожидаемый *Результат преобразования* заданной *Потребности*.

Деятельный акт ДА2. При его реализации выполняется функция оценки текущего состояния ИЧ ТС (идентификация состояния используемой модели ИЧ ТС) в предположении, что для этого имеется достаточная информация об этом состоянии.

Деятельный акт ДА3. Он заключается в выборе конкретного целевого состояния ИЧ ТС из множества одноцелевых состояний.

Деятельный акт ДА4. При его реализации выполняется разработка программы управления ТС и завершается этап планирования. Программа управления ТС состоит только из *конечных* последовательностей действий. С учетом этого замечания в РБНФ это понятие определяется следующим выражением:

$$\begin{aligned} \text{ПрограммаУправленияТС} = & \{[\text{СостояниеУУТС}] [\text{СостояниеИЧТС}] \\ & [\text{КомандаУправления} (\text{МоментВремени} \mid \text{ИнтервалВремени}) \\ & [\text{СостояниеУУТС} \text{ ИнтервалВремени}] [\text{СостояниеИЧТС} \text{ ИнтервалВремени}]\}. \end{aligned}$$

Команда управления (КУ) в рассматриваемом здесь контексте представляет собой указание соответствующему ей управляющему устройству ТС на безусловное выполнение требования: перейти в соответствующее этой команде состояние. Каждая КУ является уникальным адресным семантическим понятием, не имеющим дубликатов в управлении состояниями ТС:

$$\text{КомандаУправления} = \text{ИмяУУТС} \text{ ИмяСостоянияУУТС}$$

**3. Этап выполнения программы.** Программа управления ТС задает последовательность инициации команд управления состояниями управляющих устройств ТС. При этом в программе могут предусматриваться или не предусматриваться логические условия, которые на соответствующем шаге ее выполнения разрешают или останавливают ее дальнейшую реализацию. Эти условия могут заключаться в проверке выполнения соответствия:

- текущего состояния управляющего устройства, которому должна быть выдана очередная КУ, его ожидаемому состоянию на заданном интервале времени;
- текущего состояния ИЧ ТС его ожидаемому состоянию на заданном интервале времени;
- временными ограничениями, предусмотренных программой для реализации ее очередного шага.

На этом этапе предполагается выполнение следующей последовательности деятельных актов.

Деятельный акт ДА5. При его реализации выполняется функция оценки текущих состояний УУ и ИЧ ТС в предположении, что для этого имеется достаточная информация. Выбор конкретного варианта функции, выполняемой при реализации ДА5, определяется содержанием условий выполнения программы управления ТС. Если программа управления содержит в себе только последовательность КУ (вариант «жесткой» программы), то необходимость в выполнении ДА5 отпадает.

Деятельный акт ДА6. При его реализации осуществляется проверка факта выполнения логических условий, содержащихся в программе управления ТС. Возможность функционального разделения таких условий между собой позво-

ляет представить ДА6 в виде отдельной модели его актогенеза, показанной на рис. 4.

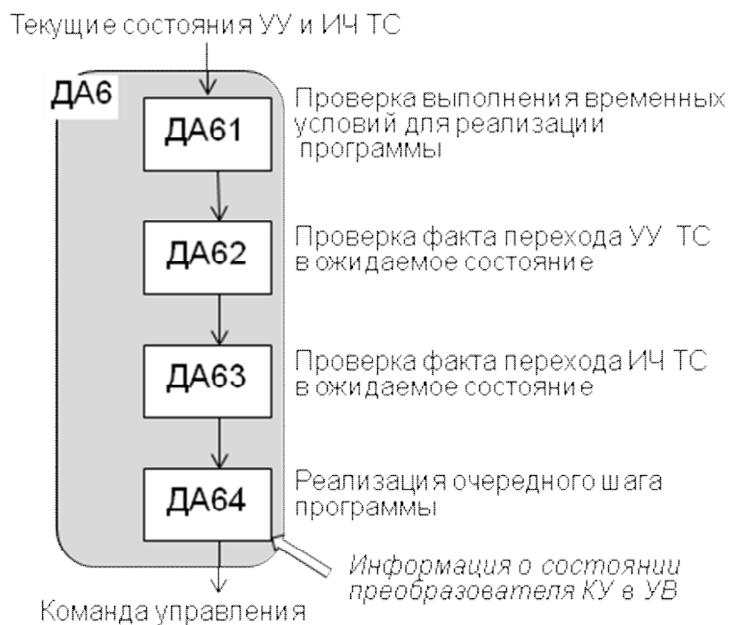


Рис. 4. Модель актогенеза деятельного акта ДА6.

В зависимости от состава условий, которые необходимо выполнять при реализации очередного шага программы, деятельные акты ДА61–ДА63 могут не учитываться в модели для конкретной ТС.

**4. Этап передачи команд управляемым устройствам ТС.** Для передачи информации, содержащейся в командах управления, адресату и инициации его действий в соответствии с КУ, она должна быть представлена в виде некоторого воздействия, имеющего материальную природу, т.е. в виде управляемого воздействия. Это обстоятельство позволяет рассматривать понятие «управляемое воздействие» как материальный носитель информации о содержании соответствующей ему команды управления УУ ТС. Отсюда следует, что в составе модели актогенеза ДА ПР должен быть предусмотрен деятельный акт, выполняющий функцию преобразования команд управления в управляемые воздействия — ДА7.

**5. Исполнительный этап.** Этот этап в рассматриваемой модели актогенеза ДА ПР включает в себя выполнение деятельных актов 3 и 4 модели, предложенной в [1, 2]. На этом этапе выполняются функции изменения состояний УУ в соответствии с переданными на них в виде УВ команд управления (ДА8) и функции изменения состояний ИЧ ТС в соответствии с изменениями состояний УУ ТС (ДА9).

Этапы 3, 4 могут выполняться в процессе конечного числа итераций, реализуемых до момента завершения программы управления и перевода ИЧ ТС в ее целевое состояние.

### 3. Классификация нештатных ситуаций

Предложенная модель функционального среза актогенеза ДА ПР позволяет определить понятие «нештатная ситуация» процесса управления состояниями ТС следующим образом:

**Определение 4.** Нештатной ситуацией процесса управления состояниями технической системы называется понятие, характеризующее любой из следующих фактов:

- невыполнение необходимых условий для начала реализации деятельного акта «Потребность» → «Результат»;
- неуспешное выполнение любого из деятельных актов, составляющих функциональный срез модели актогенеза деятельного акта «Потребность» → «Результат», реализуемого при штатных условиях функционирования ТС;
- невозможность выполнения этого деятельного акта в соответствии с заданными для этого временными ограничениями.

Для классификации нештатных ситуаций необходимо определить признаки, характеризующие непересекающиеся классы на множестве всех потенциально возможных НС. Применительно к НС процесса управления состояниями ТС могут быть выделены две группы признаков:

1) признаки, характеризующие факты неуспешного выполнения или невозможность выполнения деятельных актов, составляющих модель функционального среза актогенеза ДА ПР для штатных условий;

2) признак, характеризующий наличие возможностей компенсации нештатных ситуаций, реализация которых, несмотря на возникновение НС, может позволить успешно завершить деятельный акт управления ТС, не выходя за рамки его временных ограничений.

Признаки и классы нештатных ситуаций, относящиеся к первой группе, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Классификационные признаки нештатных ситуаций

I. Признаки нештатных ситуаций на подготовительном этапе	Деятельный акт	Класс НС
Исходная информация не представлена в объеме, достаточным для формирования моделей и правил		НС <sub>00</sub>
Не сформировано множество моделей ТС, достаточных для решения задач управления ТС в штатных ситуациях	ДА01	НС <sub>01</sub>
Не сформировано множество моделей процесса преобразования команд управления в управляющие воздействия для штатных ситуаций	ДА02	НС <sub>02</sub>
Не сформировано множество правил решения задач управления ТС в штатных ситуациях	ДА03	НС <sub>03</sub>
Не выбраны модели и правила для текущих (прогнозируемых) условий управления ТС	ДА04	НС <sub>04</sub>
II. Признаки нештатных ситуаций на этапе планирования	Деятельный акт	Класс НС
Не определена цель управления ТС	ДА1	НС <sub>1</sub>
Не идентифицировано текущее состояние модели исполнительной части ТС	ДА2	НС <sub>2</sub>
Не выбрано целевое состояние исполнительной части ТС	ДА3	НС <sub>3</sub>
Не разработана программа управления ТС	ДА4	НС <sub>4</sub>

Таблица 1 (продолжение)

<b>III. Признаки нештатных ситуаций на этапе выполнения программы</b>	<b>Деятельный акт</b>	<b>Класс НС</b>
Не идентифицированы текущие состояния управляющих устройств и исполнительной части ТС	ДА5	НС <sub>5</sub>
Не выполнены временные условия для реализации программы	ДА61	НС <sub>61</sub>
Состояния управляющих устройств ТС на заданном интервале времени не соответствуют ожидаемым состояниям	ДА62	НС <sub>62</sub>
Состояние исполнительной части устройств ТС на заданном интервале времени не соответствует ожидаемому состоянию	ДА63	НС <sub>63</sub>
Реализация очередного шага программы управления ТС невозможна	ДА64	НС <sub>64</sub>
<b>VI. Признаки нештатных ситуаций на этапе передачи команд управления управляющим устройствам ТС</b>	<b>Деятельный акт</b>	<b>Класс НС</b>
Не осуществляется передача или неправильно доводятся команды управления управляющим устройствам ТС	ДА7	НС <sub>7</sub>
<b>V. Признаки нештатных ситуаций на исполнительном этапе</b>	<b>Деятельный акт</b>	<b>Класс НС</b>
Неправильно отрабатываются команды управления управляющими устройствами ТС	ДА8	НС <sub>8</sub>
Изменения состояний исполнительной части ТС не соответствуют состояниям управляющих устройств	ДА9	НС <sub>9</sub>

Возможные причины возникновения нештатных ситуаций приведены в табл. 2.

Таблица 2  
Причины нештатных ситуаций

<b>Класс НС</b>	<b>Возможные причины</b>
НС <sub>00</sub>	Отсутствует или представлена не в полном объеме исходная информация: 1) о моделях ТС; 2) о моделях преобразователя команд управления в управляющие воздействия; 3) о правилах принятия решений в процессе управления ТС
НС <sub>01</sub> НС <sub>02</sub> НС <sub>03</sub>	Субъект управления не может сформировать модели и/или правила для использования их в процессе управления состояниями ТС (фактор 1)
НС <sub>04</sub>	1) Отсутствует информация или ее недостаточно для однозначной идентификации состояний моделей (оценки состояний) среды и/или ресурсов. 2) Отсутствуют модели деятельности актов процесса управления ТС для текущих состояний среды и/или ресурсов.
НС <sub>04</sub>	3) Субъект управления не может выполнить функцию ДА04 (фактор 2)
НС <sub>00</sub>	Отсутствует или представлена не в полном объеме исходная информация: 1) о моделях ТС; 2) о моделях преобразователя команд управления в управляющие воздействия; 3) о правилах принятия решений в процессе управления ТС
НС <sub>01</sub> НС <sub>02</sub> НС <sub>03</sub>	Субъект управления не может сформировать модели и/или правила для использования их в процессе управления состояниями ТС (фактор 1)
НС <sub>04</sub>	1) Отсутствует информация или ее недостаточно для однозначной идентификации состояний моделей (оценки состояний) среды и/или ресурсов. 2) Отсутствуют модели деятельности актов процесса управления ТС для текущих состояний среды и/или ресурсов. 3) Субъект управления не может выполнить функцию ДА04 (фактор 2)
НС <sub>1</sub>	1) Заданная <i>Потребность</i> не соответствует функциональным возможностям ТС. 2) Субъект управления не может выполнить функцию ДА1 (фактор 3)

Таблица 2 (продолжение)

Класс НС	Возможные причины
НС <sub>2</sub>	1) Отсутствует информация или ее недостаточно для однозначной идентификации состояний моделей (оценки состояний) исполнительной части ТС. 2) Субъект управления не может выполнить функцию ДА2 (фактор 4)
НС <sub>3</sub>	1) Во множестве состояний ИЧ ТС отсутствуют состояния, соответствующие цели управления (возможное последствие деградации ТС; требуется коррекция модели, используемой для решения задачи ДА1). 2) Субъект управления не может выполнить функцию ДА3 (фактор 5)
НС <sub>4</sub>	1) Целевое состояние недостижимо из текущего состояния ИЧ ТС (возможное последствие деградации ТС; требуется коррекция моделей, используемых для решения задач ДА1 и ДА2). 2) Целевое состояние ИЧ ТС не может быть достигнуто при заданных временных ограничениях (ошибка при задании параметров времени выполнения <i>Потребности</i> ). 3) Субъект управления не может выполнить функцию ДА4 (фактор 6)
НС <sub>5</sub>	Отсутствует информация или ее недостаточно для однозначной идентификации: 1) состояний моделей управляющих устройств ТС; 2) состояний моделей исполнительной части ТС. 3) Субъект управления не может выполнить функцию ДА5 (фактор 7)
НС <sub>61</sub>	Не выполняются ограничения по времени реализации программы управления ТС
НС <sub>62</sub>	На заданном интервале времени фактическое состояние УУ ТС не соответствует ожидаемому состоянию: 1) ошибка в выдаче КУ на предыдущем шаге реализации программы управления ТС (неисправность системы, реализующей функцию ДА <sub>62</sub> , или субъективный фактор 8); 2) неисправность УУ ТС; 3) на предыдущем шаге реализации программы управления не выполнено или выполнено неправильно преобразование КУ в УВ; 4) несоответствие используемой модели УУ ТС текущим состояниям среды и/или ресурсов ТС; 5) использовалась недостоверная информация для идентификации текущего состояния УУ ТС; 6) УУ ТС было несанкционированно переведено в состояние, отличное от ожидаемого состояния. 7) Субъект управления не может выполнить функцию ДА62 (фактор 9)
НС <sub>63</sub>	На заданном интервале времени фактическое состояние ИЧ ТС не соответствует ожидаемому состоянию: 1) неисправность ИЧ ТС; 2) несоответствие используемой модели ИЧ ТС текущим состояниям среды и/или ресурсов ТС; 3) использовалась недостоверная информация для идентификации текущего состояния ИЧ ТС.
НС <sub>63</sub>	4) Субъект управления не может выполнить функцию ДА63 (фактор 10)
НС <sub>64</sub>	1) Отсутствует информация или ее недостаточно для однозначной идентификации состояния готовности системы, реализующей преобразование КУ в УВ. 2) Неисправность системы, реализующей функцию ДА64. 3) Субъект управления не может выполнить функцию ДА64 (фактор 11).
НС <sub>7</sub>	1) КУ неправильно преобразована в УВ (субъективный фактор 12). 2) Неисправность системы, реализующей функцию ДА7. 3) Субъект управления не может выполнить функцию ДА7 (субъективный фактор 11). Для уточнения причины невыполнения функции ДА7 требуется детализация структурно-функциональной модели реализующего ее процесса, что невозможно выполнить в рамках рассматриваемой модели ТС.
НС <sub>8</sub>	Неисправность управляющих устройств ТС
НС <sub>9</sub>	Неисправность исполнительной части ТС

Рассмотрим теперь подход к классификации нештатных ситуаций с использованием признака, характеризующего возможности компенсации таких ситуаций в процессе управления состояниями ТС.

Цель компенсации НС, выявленных в процессе управления состояниями ТС, заключается в обеспечении успешного окончания реализуемого ДА ПР. Анализ этапов реализации этого процесса и условий, достаточных для его успешного выполнения, позволяет сделать вывод о том, что такая компенсация потенциально возможна только на этапе выполнения программы управления ТС. Основанием для этого заключения являются следующие соображения:

- возникновение нештатных ситуаций на подготовительном этапе приводит к нарушению необходимых условий успешного выполнения ДА ПР и, следовательно, этот деятельный акт не может быть инициирован до момента, пока эти условия не будут выполнены;
- компенсация НС всегда требует определенных временных затрат. При этом суммарное время реализации ДА ПР с учетом времени, необходимого для компенсации потенциально возможных НС, не должно превышать установленного потребителем времени достижения целевого состояния ИЧ ТС. Расчет же времени фактического начала реализации процесса управления состояниями ТС осуществляется только на этапе планирования, а еще точнее — при реализации деятельного акта разработки программы управления (ДА4), завершающего этот этап. Следовательно, на этапе планирования компенсация НС в процессе реализации ДА ПР невозможна;
- в процессе выполнения исполнительного этапа решения уже не принимаются, а только реализуются в соответствии с результатами выполнения предшествующих ему этапов III и IV (рис 3).

Процессы принятия и реализации решений по компенсации или попытке компенсации нештатных ситуаций требуют соответствующих затрат времени. При этом, учитывая то обстоятельство, что такие решения должны приниматься в условиях жестких временных ограничений, предусмотренных программой управления ТС, можно сделать вывод о том, что они должны относиться к классу ситуационных решений, заранее подготовленных для потенциально возможных нештатных ситуаций. В таких решениях предполагается, что будут выполнены следующие действия:

- действия, реализация которых обеспечит выполнение условий для дальнейшей отработки оставшейся части программы управления ТС без внесения в нее изменений (за исключением возможного сдвига по времени выполнения предусмотренной в ней последовательности дальнейших действий);
- действия, отличные от нереализованной части программы, выполнение которых приведет к достижению цели управления ТС в текущих условиях. Такие решения представляют собой заранее подготовленные ситуационные фрагменты программ управления ТС.

Компенсация НС может быть обеспечена при выполнении следующих условий:

- деятельный акт передачи команд управления управляющим устройствам ТС (ДА7) выполняется штатно (рассмотрение нештатных ситуаций, соответствующих этому этапу выполнения ДА ПР и вариантов их компенсации, требует дополнительной информации о структурно-функциональных особенностях реализуемого при этом процесса);

- в программе управления ТС предусмотрены интервалы времени специально для осуществления действий по компенсации возможных НС.

Таким образом, по рассматриваемому признаку множество потенциально возможных нештатных ситуаций может быть разбито на два непересекающихся класса: *компенсируемые и некомпенсируемые НС*. Классификация НС по этому признаку может быть выполнена в процессе принятия решений в ходе выполнения программы управления ТС [3].

На рис. 5 представлен декомпозированный фрагмент структурно-функциональной модели этого процесса, иллюстрирующий смысловое содержание правила классификации нештатных ситуаций по рассматриваемому признаку.

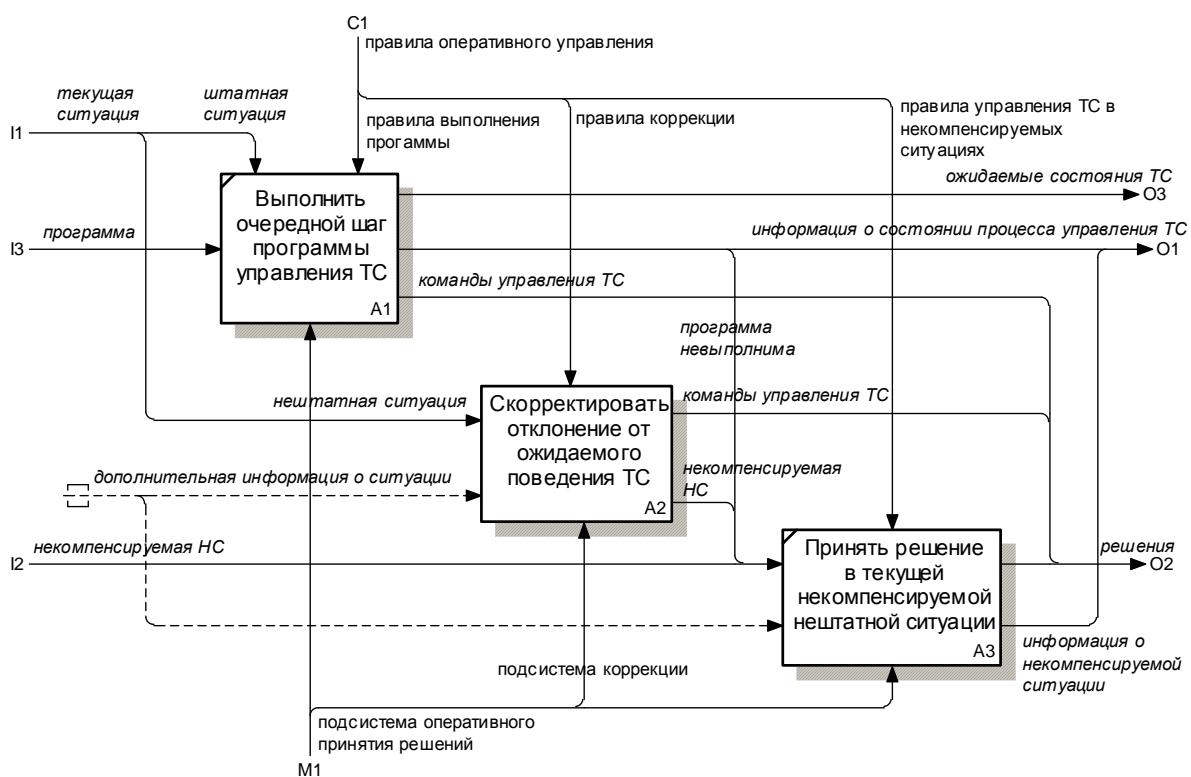


Рис. 5. Фрагмент IDEF0 модели процесса принятия решений в ходе выполнения программы управления ТС.

Отметим, что применительно к некомпенсируемым НС также могут быть предусмотрены специальные ситуационные решения. В частности, они могут предусматривать выполнение одного из нижеперечисленных безусловных (выполняемых по «жесткой» программе) действий:

- действий по переводу ТС в ресурсосберегающее состояние;
- действий по переводу ТС в состояние, безопасное для ее системного окружения и внешней среды;
- действий по выполнению каких-либо других программ, которые, в частности, могут быть направлены на выполнение целей, специально предусмотренных для каких-то критических некомпенсируемых нештатных ситуаций (например, самоуничтожение ТС);
- действий по внесению заранее предусмотренных изменений в используемое модельное представление ТС (адаптация моделей под изменения структуры ТС или условий ее функционирования);

- действий по инициации процессов формирования и/или выбора новых модельных представлений ТС, отвечающих изменившимся текущим условиям ее функционирования или ее структуры и т.п.

## **4. Заключение**

Предложенная структурно-функциональная модель процессов управления состояниями технических систем в штатных условиях позволяет детализировать смысловое содержание и последовательность выполнения составляющих ее деятельных актов (функций). За счет этого удалось охарактеризовать понятие «нештатная ситуация», выявить состав потенциально возможных в ходе выполнения этого процесса нештатных ситуаций и детализировать их общесистемные классификационные признаки.

Предложена и обоснована система классификации нештатных ситуаций, использование которой позволяет, во–первых, соотносить каждую возможную НС соответствующему ей подклассу, во–вторых, определить и конкретизировать общесистемные свойства таких подклассов НС, в–третьих, определить возможные варианты решений, которые необходимо принимать при возникновении и выявлении таких ситуаций.

Анализ возможных причин возникновения нештатных ситуаций в процессе управления состояниями ТС показывает существенную роль возможного негативного влияния различных субъективных факторов. Они могут проявляться как при реализации отдельных деятельных актов этого процесса людьми, так и при реализации этих деятельных актов автоматизированными и автоматическими системами. Во втором случае эти субъективные факторы проявляются опосредованно — через ошибки и недочеты, внесенные людьми в программное обеспечение соответствующих автоматизированных систем. Пути снижения ролевой значимости этих факторов заключаются в первую очередь в разработке и использовании инженерных методик структурированного и формализованного представления правил принятия решений во всех потенциально возможных ситуациях управления ТС.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №08–08–00346–а.

## **Литература**

1. Карташев В. А. Система систем. Очерки общей теории и методологии. М.: Прогресс–Академия, 1995. 416 с.
2. Саламатов Ю. П. Система законов развития техники (Основы теории развития Технических систем) [Электронный ресурс]. INSTITUTE OF INNOVATIVE DESIGN. Красноярск: 1996. // <<http://www.trizminsk.org/e/21101000.htm>> (по состоянию на 20.11.2008).
3. Кириллов Н. П. Структурно–функциональная модель причинно–следственных закономерностей управляемого поведения технических систем // Труды СПИИРАН. 2007. СПб.: Наука, Вып. 5. 2008. С. 285–299.