

УДК 004:005

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АНТИКРИЗИСНОГО ПОДХОДА

Шахмаметова Г.Р.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа,
e-mail: shakhgouzel@mail.ru*

В статье рассмотрен подход к предупреждению/ликвидации возникающих кризисных ситуаций в сложных системах на уровне исследования систем, на основе которого сложные системы рассматриваются как системы-объекты и системы-процессы, при этом антикризисный подход определяется как необходимость специальной управленческой деятельности для обеспечения эффективности и безопасности функционирования объекта управления и системы в целом. Формулируется определение кризиса в сложной системе, предложена классификация ситуаций, включающая нормальные, предкризисные и кризисные ситуации. Рассмотрен процесс управления сложной системой на основе антикризисного подхода для предотвращения/преодоления кризисных ситуаций, согласно предложенной структуре. Предложена схема процесса принятия решения для предотвращения/преодоления кризисных ситуаций для систем-объектов и систем-процессов, включающая блок интеллектуальной поддержки принятия решений. Предложена интерпретация этапов жизненного цикла процесса предупреждения/ликвидации кризисных ситуаций в сложной системе.

Ключевые слова: сложные системы, система-объект, система-процесс, управление, принятие решений, антикризисный подход

THE COMPLEX SYSTEMS RESEARCH ON THE BASIS OF CRISIS APPROACH

Shakhmametova G.R.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: shakhgouzel@mail.ru

The approach to the prevention/overcoming of the crisis situations at the level of systems research on the basis of which complex systems are considered as system-objects and system-processes is proposed in the article, at the same time crisis approach is defined as need of special control activity for ensuring efficiency and safety of control object and system functioning. Definition of crisis in complex system is formulated, the classification of situations including normal, pre-crisis and crisis situations is offered. The control process in complex system on the basis of crisis approach for crisis situations prevention/overcoming is considered, according to the offered structure. The scheme of the decision-making process for the crisis situations prevention/overcoming for systems as objects and systems as processes which includes the intelligent support block for decision-making is proposed. The life cycle stages interpretation for the prevention/overcoming process of the crisis situations in complex system is offered.

Keywords: complex systems, system as object, system as process, control, decision making, crisis approach

Основой успешного функционирования сложной системы является принятие решений, адекватных условиям, в которых она функционирует. Реальные условия, как правило, характеризуются воздействием внешней среды, а процесс управления сопровождается помехами, порождающими неопределенность, что может привести к кризису управления. Для обозначения кризисных явлений в разных системах (экономических, организационно-технических, социальных, технических и др.) используется различная терминология. Эти явления обозначаются как критические, аварийные, проблемные, чрезвычайные ситуации. Несмотря на разнообразие природы указанных систем, специфические особенности объектов управления и ресурсного обеспечения в них, можно выделить в них общее с позиций антикризисного подхода – необходимость специальной управленческой деятельности для обеспечения эффективности и безопасности функционирования объекта управления и системы в целом. Кризис

управления сложным объектом в неопределенных условиях, кризис принятия решений влечет за собой необходимость использования антикризисного подхода и интеллектуальных информационных технологий. В данной статье рассматриваются вопросы исследования сложных систем как объектов антикризисного управления.

Методология исследования сложных систем

При разработке методологии сложных систем автор придерживается учения о методологии, разработанного Д.А. Новиковым [1–4], а также системного подхода к анализу сложных систем на основе триад [5], согласно которым: 1) сложная система представляется как множество взаимосвязанных элементов, образующих единое целое; 2) сложную систему в зависимости от ее характеристик следует рассматривать как систему-объект либо систему-процесс. Сложная система S есть: $S = \langle \Phi, H, Str, P, Q, Z_{\text{функ}}, D \rangle$, где $\Phi = \{\Phi_i\}^u$ – мно-

жество объектов (элементов, подсистем); $H = \{H_j\}$ – множество связей между ними; Str – структура системы; $P = \{P_k\}$ – множество параметров и характеристик элементов системы; $Q = \{Q_n\}$ – множество свойств системы; $Z_{\text{функ}}$ – цель функционирования системы; $D = \{D_T, D_{\text{Inf}}, D_{\text{MT}}, D_E\}$ – множество ресурсов (временных D_T , информационных D_{Inf} , материально-технических D_{MT} , энергетических D_E), необходимых для функционирования системы.

Такое представление сложной системы отражает как строение, свойства системы, характеристики отдельных ее элементов и связей и цель функционирования, так и необходимые ресурсы для функционирования системы (временные, энергетические, информационные, материально-технические) [7].

Предкризисная/кризисная (критическая, предаварийная) ситуация Sit возникает, когда выходит из строя один или несколько следующих элементов системы S : характеристики $\{P_k\}$ базовых элементов $\{\Phi_i\}$ выходят за рамки допустимых пределов, либо происходит отказ базовых элементов; нарушаются связи $\{H_j\}$ системы и их значения; разрушается структура Str системы; изменяются (теряются) жизненно важные свойства $\{Q_n\}$ системы.

Сложная система как объект

Сложная система S как объект антикризисного управления есть: $S = \langle \Phi, H, Str, P, Q, Z_{\text{функ}}, D, U, Y, \Omega, X, \Gamma, T_{\text{ПУ}}, Q_{\text{КС}}, Z_{\text{упр}} \rangle$, где $U = \{U_c\}$ – множество входных управляющих воздействий/факторов; $Y = \{Y_i\}$ – множество выходов системы; $\Omega = \{\Omega_v\}$ – множество допустимых входных факторов; $X = \{X_n\}$ – множество состояний; $\Gamma = \{\Gamma_k\}$ –

множество допустимых выходов; $T_{\text{ПУ}} = \{T_{\text{ПЛР}}, T_M, T_Y, T_A, T_{\text{ТС}}\}$ – средства планирования и управления в предкризисной и кризисной ситуациях (технологии планирования $T_{\text{ПЛР}}$ модели T_M , технологии управления T_Y , алгоритмы управления T_A , технические средства $T_{\text{ТС}}$); $Q_{\text{ПКС}} = \{h, \eta, Stb, Str, N_{\text{ПД}}, N_{\text{ХД}}\}$ – свойства системы в предкризисной и кризисной ситуациях (h – функция перехода из одного состояния в другое, η – функция наблюдения; Stb – стабильность и робастность системы; $Str(x)$ – структура системы; $N_{\text{КД}}$ – наличие колебательных движений; $N_{\text{ХД}}$ – отсутствие хаотических движений); $Z_{\text{упр}}$ – цель антикризисного управления. Элементы $\{T_{\text{ПУ}}\}$, $\{D_v\}$, $\{U_c\}$ относятся к управляющим элементам и необходимы для формирования и реализации управляющего решения. Нарушение их работы ведет к кризису в управляющей системе (кризису управления).

Для описания процесса управления сложной системой как в нормальных, так и в предкризисных/кризисных ситуациях, представим сложную систему в виде следующей укрупненной иерархии (рис. 2).

Где УС – уровень состояний, включающий $\Omega = \{\Omega_v\}$, $X = \{X_n\}$, $\Gamma = \{\Gamma_k\}$; ВВ – входы и выходы системы, включает $U = \{U_c\}$, $Y = \{Y_i\}$; D – ресурсы, необходимые для функционирования системы $D = \{D_T, D_{\text{Inf}}, D_{\text{MT}}, D_E\}$; $T_{\text{ПУ}}$ – средства планирования и управления $T_{\text{ПУ}} = \{T_{\text{ПЛР}}, T_M, T_Y, T_A, T_{\text{ТС}}\}$; $Q_{\text{ПКС}}$ – свойства системы в предкризисной и кризисной ситуациях: предкризисная ситуация: $Q_{\text{ПС}} = \{h, \eta, Stb, Str, K_{\text{Д}}, N_{\text{РД}}\}$; кризисная ситуация: $Q_{\text{КС}} = \{N_h, N_\eta, N_{\text{Stb}}, N_{\text{Str}}, N_{\text{Д}}, X_{\text{Д}}\}$. Более подробно, с учетом взаимосвязей составляющих элементов, сложную систему можно представить следующим образом (рис. 3).

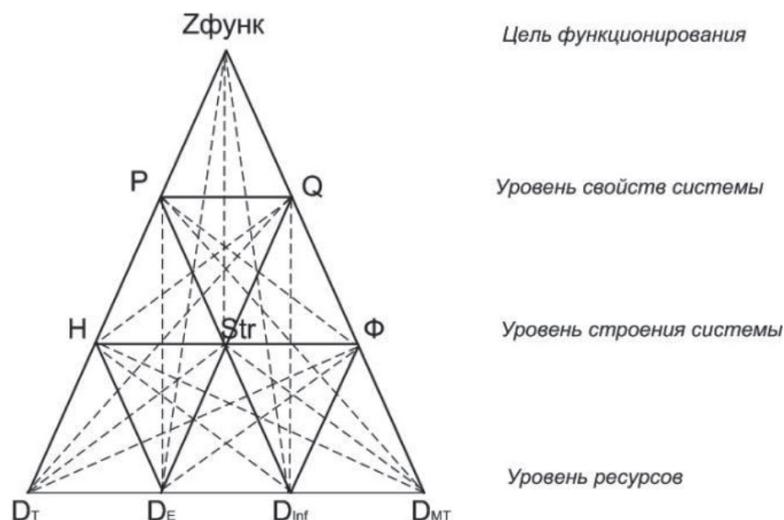


Рис. 1. Сложная система в виде иерархической структуры

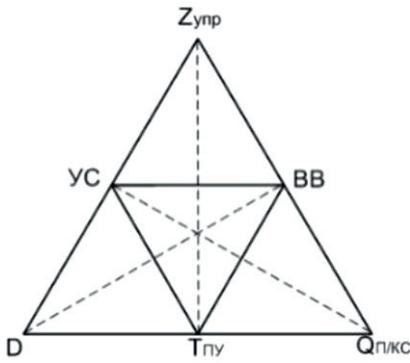


Рис. 2. Верхний уровень иерархии представления сложной системы

На верхнем уровне – цель антикризисного управления, которая может меняться в зависимости от свойств системы и сложившейся ситуации. На втором уровне – входы и выходы системы. На третьем – переменные состояния системы X и множества допустимых входных переменных Ω и допустимых выходных переменных Γ . На четвертом уровне располагается уровень ресурсов D – временных D_T , информационных D_{Inf} , материально-технических D_M , энергетических D_E . На пятом уровне рассматриваются средства плани-

рования и управления – технологии планирования ТПЛ, модели ТМ, технологии управления T_y , алгоритмы управления T_A , технические средства T_{TC} . И на последнем, шестом уровне – свойства системы в предкризисной/кризисной ситуациях: h – функция перехода из одного состояния в другое / N_h – неуправляемость системы; η – функция наблюдения / N_η – ненаблюдаемость системы; Stb – стабильность и робастность системы / N_{stb} – неустойчивость системы; Str – структура системы / N_{str} – деструктуризация системы; K_d – наличие колебательных движений / Π_d – периодические движения; $N_{рд}$ – неритмические движения / X_d – хаотические движения. Последние два свойства характеризуют поведение системы. Предполагается, что K_d и $N_{рд}$ необходимо поддерживать в предкризисной ситуации для предотвращения кризиса. Для кризисной ситуации характерны: неуправляемость сложной системы (невозможность управляемого перехода из одного состояния в другое), ненаблюдаемость (или частичная наблюдаемость), неустойчивость, отсутствие структуры или наличие отдельных несвязанных структур (деструктуризация системы), для поведения системы характерно наличие периодических и хаотических движений, что недопустимо.

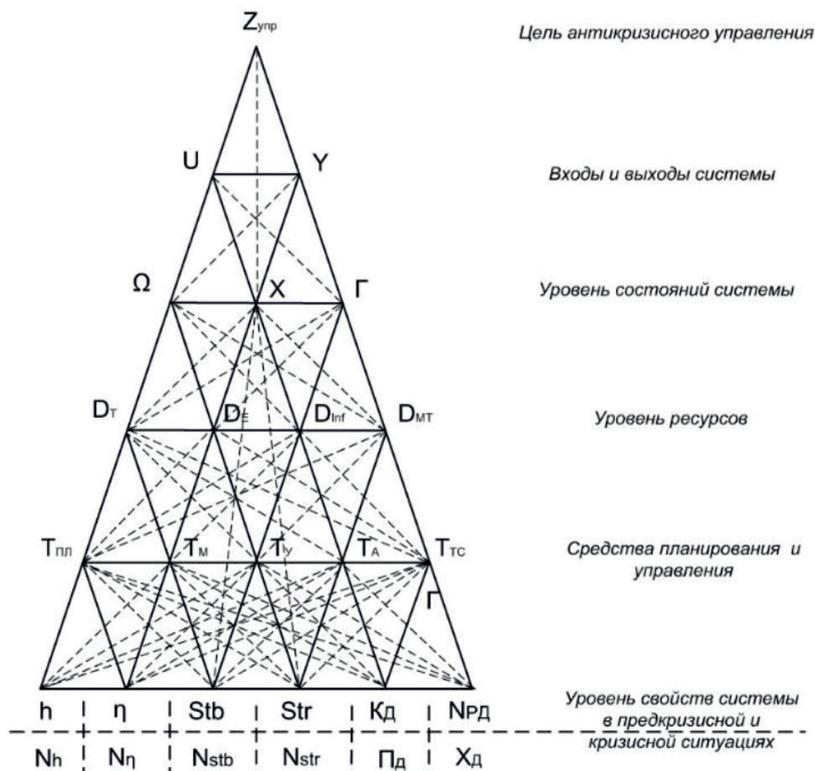


Рис. 3. Сложная система как объект антикризисного управления

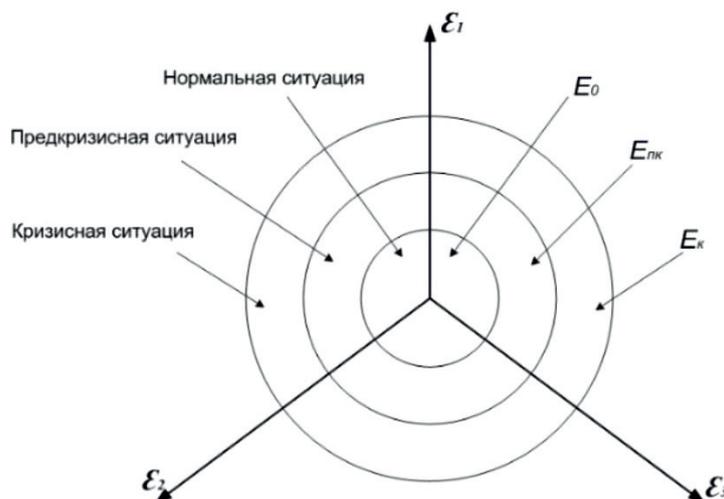


Рис. 4. Классификация ситуаций

Сложная система как процесс

Сложную систему S как процесс можно представить в виде: $S = \langle K, T, U, A, D, T_{ex}, Inf, F, Q, Z_{упр} \rangle$, где $K = \{K_i(t)\}$ – множество параметров системы; $T = \{t_i\}$ – множество моментов времени; $U = \{U_{\varepsilon_i}(t)\}$ – множество управляющих воздействий (управляющих факторов, управляющих органов и др.); $A = \{A_m(t)\}$ – множество алгоритмов управления, обработки информации и др.; $D = \{D_r(t), D_{inf}(t), D_{MT}(t), D_E(t)\}$ – множество ресурсов (временных $D_r(t)$, информационных $D_{inf}(t)$, материально-технических $D_{MT}(t)$, энергетических $D_E(t)$), необходимых для функционирования системы; $T_{ex} = \{T_{exp}(t)\}$ – множество технологий управления; Inf – информация (о состоянии процесса, необходимая для управления и др.); $F = \{F_k(t)\}$ – множество случайных возмущений; $Q = \{Q_n(t)\}$ – множество свойств системы; $Z_{упр}$ – цель управления системой-процессом, в нормальной ситуации состоит в поддержании множества параметров в гомеостатических пределах (область E_0 , рис. 4). Предкризисная (критическая, предаварийная) ситуация возникает, когда один или несколько жизненно важных параметров системы $K = \{K_i(t)\}$ выходят из пределов нормальной ситуации, но находятся в области предкризисной (допустимой) ситуации (область $E_{пк}$, рис. 4). Кризисная ситуация S_{it} возникает, когда один или несколько жизненно важных параметров системы $K = \{K_i(t)\}$ выходят из пределов предкризисной ситуации (область $E_к$, рис. 4).

В зависимости от величин $\varepsilon_i = K_{oi} - K_i$, можно говорить о нормальной, предкризисной или кризисной ситуациях. Возможные ситуации:

1) $\varepsilon_i \in E_0$ – нормальная ситуация, все жизненно важные показатели $K = \{K_i(t)\}$ находятся в пределах нормальных значений;

2) $\varepsilon_i \in E_{пк}$ – предкризисная ситуация, жизненно важные показатели $K = \{K_i(t)\}$ приближены к границам допустимых, предкризисных значений;

3) $\varepsilon_i \in E_к$ – кризисная ситуация, жизненно важные показатели $K = \{K_i(t)\}$ вышли за границы допустимых значений.

Процесс управления сложной системой, согласно рассмотренной выше структуре, приведен на рис. 5, где S – сложная система или сложный процесс; $ПКС$ – предкризисная ситуация; ε – текущее отклонение (ошибка) от принятого решения (плана управления); δ – текущее отклонение (ошибка) от модели поведения S в $ПКС$.

Первый блок – блок принятия решений по планированию и управлению в предкризисной и кризисной ситуациях. На его вход поступает информация из внешней среды U , блока распознавания ситуации и формируется управляющее воздействие Y° . На основе принятого решения происходит построение модели управления сложной системой в предкризисной и кризисной ситуациях, а также формирование технологий управления, алгоритмов управления и технических средств, которые с помощью ресурсов D воздействуют на сложную систему S и формируется выходная переменная Y . Значения Y поступают: в блок сравнения 1, где определяется отклонение (текущее значение ошибки) ε от принятого решения; в блок анализа состояния системы; в блок сравнения 2, где определяется отклонение (ошибка) δ поведения системы от модели ее поведения

в ПКС; во внешнюю среду. В блок распознавания ситуации поступает также информация из внешней среды и блока анализа состояния системы, и из него информация о ситуации S_{it} поступает в блок принятия решений.

ситуация S_{it} определяется как нормальная, предкризисная или кризисная. На основе этого формируется либо корректируется цель управления $Z_{упр}$, в зависимости от которой осуществляется выбор технологий управления $Tex = \{Tex\}$ с учетом свойств

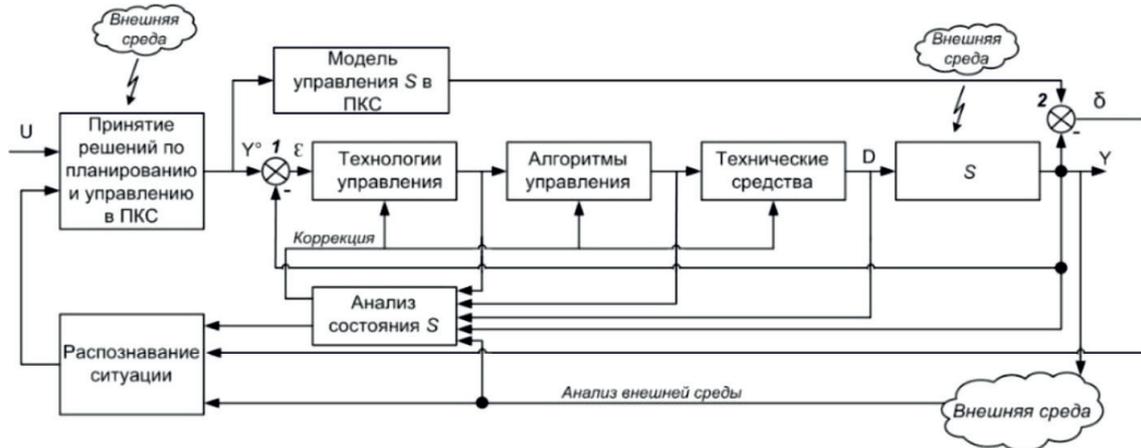


Рис. 5. Процесс управления сложной системой

Процесс принятия решений в сложных системах

Неопределенность обстановки в предкризисной и кризисной ситуациях и малые резервы времени обуславливают необходимость информационной поддержки принятия решений (ППР), предназначенной для лиц, принимающих решения (ЛПР). При этом, как правило, отсутствуют строго формализованные математические модели сложных систем, которые позволили бы однозначно определить механизм управления. Выходом из подобных ситуаций может служить применение интеллектуальных технологий. Цель поддержки принятия решений на основе интеллектуальных технологий – обеспечение на основе имеющихся знаний и опыта эксперта эффективного управления объектом в условиях кризисной и предкризисной ситуации. Процесс принятия решений для предотвращения/преодоления кризисной ситуации можно описать следующей последовательностью шагов (рис. 6). Система S выдает информацию о состоянии системы. В зависимости от того, в каком виде рассматривается система (как система-объект, либо как система-процесс), проводится анализ состояния элементов системы $S(\Phi = \{\Phi_i\}, H = \{H_j\}, Str, P = \{P_k\}, Q = \{Q_n\}, Z_{функ})$ либо анализ жизненно важных показателей $K = \{K_j(t)\}$. На основе проведенного анализа и интеллектуальной поддержки принятия решений

системы $\{Q_n\}$. Затем при помощи интеллектуальной поддержки принятия решений выбираются алгоритмы управления и обработки информации $\{A_m\}$ и управляющие воздействия $\{U_c\}$. Результаты согласовываются с лицом, принимающим решения (ЛПР), и осуществляется корректирующее воздействие на состояние системы S . База знаний интеллектуальной поддержки принятия решений содержит знания о классификации ситуаций S_{it} , о технологиях управления T_{ex} , об алгоритмах управления $\{A_m\}$, о выборе цели управления $Z_{упр}$ по выходу из предкризисной или кризисной ситуации, о том, какие классы, виды $\{F_k(t)\}$ приводят систему S к предкризисному состоянию, какие виды управляющих воздействий U вводят систему в нормальное состояние, выводят из кризиса.

Весь процесс предупреждения/ликвидации кризисной ситуации в сложной системе можно разделить на этапы жизненного цикла [6]. В данной работе предлагается следующая интерпретация (рис. 7).

Возмущения F (внутренние, внешние), происходящие в течение времени t , воздействуют на систему S и образуют в ней проблемную ситуацию S_{it_0} , которая может относиться к классу предкризисных, чрезвычайных, предаварийных и т.п., на основании которой необходимо выявить проблематику и составить ОП – описание проблемной ситуации. После чего разрабатывается кон-

цепция (методология) к ликвидации возникшей ситуации. Согласно этой концепции на основе методов анализа и принятия решений M формируется принятие решения PP по улучшению проблемной ситуации. На основе принятого решения и с помощью ресурсов D формируется улучшающее воздействие U_1 , которое воздействует на систему и приводит ее в новое состояние. Далее снова описывается новая проблемная ситуация Sit_1 , для нее корректируется концепция K' , и цикл $M \rightarrow PP \rightarrow D \rightarrow U \rightarrow S \rightarrow Sit$ повторяется снова до достижения необходимого результата, т.е. приемлемой ситуации. На каждом этапе жизненного цикла применяются адекватные технологии, методы, алгоритмы.

Заключение

В статье рассмотрен подход к предупреждению/ликвидации возникающих кризисных ситуаций на уровне методологии систем. На основе методологии, разработанной Д.А. Новиковым, и системного подхода к анализу сложных систем на основе триад предлагается рассмотрение сложных систем как объектов и как процессов. Сформулировано определение кризиса для каждого вида систем, рассмотрен процесс управления сложной системой на основе предлагаемого подхода и процесс принятия решения, предложена интерпретация этапов жизненного цикла предупреждения/ликвидации кризисной ситуации с указанием выполнения необходимых процедур.

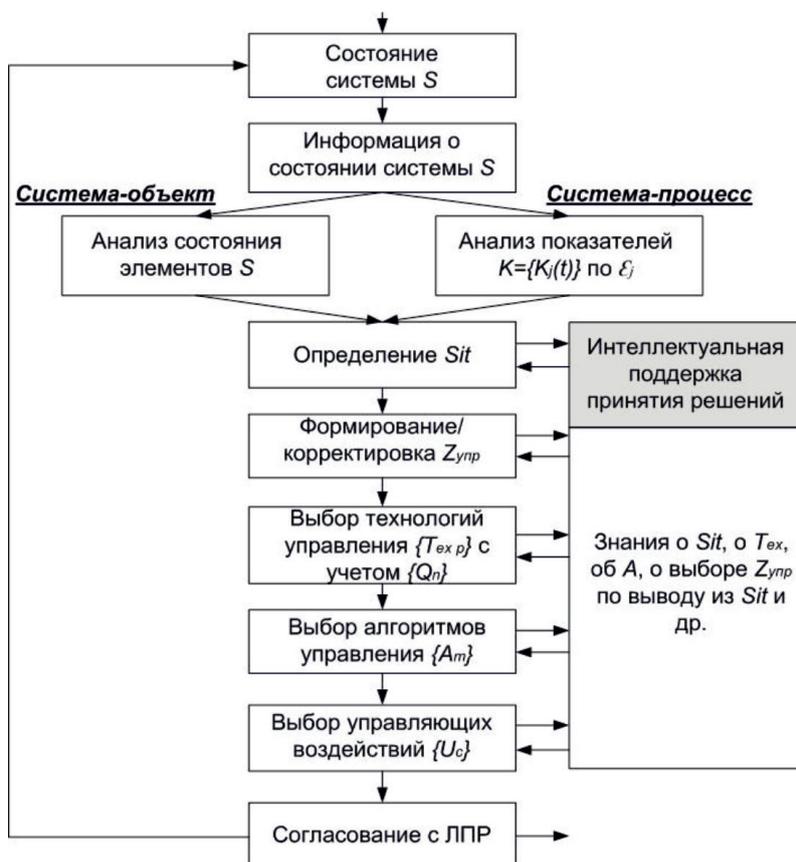


Рис. 6. Процесс принятия решений

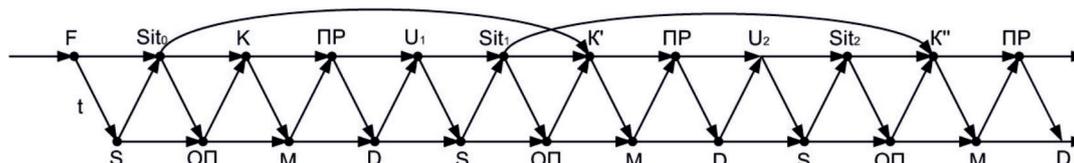


Рис. 7. Этапы жизненного цикла предупреждения/ликвидации кризисной ситуации

*Исследования частично поддержаны
грантом РФФИ 16-07-00773а.*

Список литературы

1. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. – 2 изд. – М.: Изд-во «Либроком», 2013. – 272 с.
2. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: словарь системы основных понятий. – М.: Изд-во «Либроком», 2013. – 208 с.
3. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: учебно-методическое пособие. – М.: Изд-во «Синтег», 2007. – 660 с.
4. Новиков Д.А. Методология управления. – М.: Изд-во «Либроком», 2012. – 128 с.
5. Гузаиров М.Б., Ильясов Б.Г., Герасимова И.Б. Системный подход к анализу сложных систем и процессов на основе триад // Научно-технический журнал «Проблемы управления». – 2007. – № 5. – С. 32–38.
6. Бадамшин Р.А., Ильясов Б.Г., Черняховская Л.Р. Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний. – М.: Машиностроение, 2004. – 250 с.
7. Шахмаметова Г.Р. О некоторых аспектах принятия решений при управлении в сложных системах // Информационные технологии и системы ИТиС'2016: Тр. V международной конференции. – Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2016. – С. 293–296.