

УДК 519.673:658.512.4

Е. А. ДРОНЬ, С. Г. КУЛИКОВ

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬСТВОМ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ ЗАТРАТ

Рассматривается разработка методического и алгоритмического обеспечения процессов поддержки принятия решений в автоматизированном управлении строительным производством на основе создания комплексной системной модели затрат в соответствии с требованиями ERP-методологии, приводится модель оценки оптимального момента времени для принятия управленческих решений. *Системная модель; бизнес-процессы; поддержка принятия решений; организационное управление*

ВВЕДЕНИЕ

При существующем уровне автоматизации в организационном управлении строительным производством отсутствует единый контур автоматизированного управления затратами, что не позволяет аккумулировать их по центрам ответственности и центрам затрат, не обеспечивается вертикальный и горизонтальный анализ данных, комплексный анализ динамики изменений производственных показателей.

В организационном управлении строительством необходимо применение ERP-систем (Enterprise Resource Planning), позволяющих построить единый контур управления затратами на основе системной модели затрат [3].

Необходимо создание автоматизированной системы поддержки принятия решений (АСППР), интегрированной с ERP-системой на основе формализации экспертных знаний и применения математических моделей. Для этого требуется системное моделирование составляющих компонентов с учетом требований ERP-методологии: организационной структуры, схемы документооборота, функциональной и информационной структуры [4].

Таким образом, актуальной задачей является разработка АСППР для организационного управления строительным производством на основе комплексных системных моделей затрат с применением эвристических и стохастических алгоритмов для анализа и оценки нештатных производственных ситуаций.

1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА

В данной статье проводится анализ существующего уровня автоматизации в управлении строительством и методов системного моделирования для применения комплексных автоматизированных информационных ERP-систем.

Эффективность строительного производства можно повысить за счет автоматизации интеллектуальной деятельности специалистов на основе формализованных знаний и опыта управления, типизации производственных ситуаций и применения математических методов, отражающих стохастический характер производственных процессов в области строительства.

Важной составляющей в автоматизации управления строительным производством является построение процедур принятия решений в нештатных ситуациях, обеспечивающих уменьшение непроизводительных затрат.

Проведенный анализ существующих автоматизированных систем управления в области строительства показал отсутствие системного подхода в управлении затратами, в том числе при использовании на строительных предприятиях систем типа MRP (Material Requirements Planning), MRP II (Manufacturing Resource Planning), ERP. Также отсутствуют работы по созданию АСППР, интегрированной с ERP-системой и обеспечивающей интеллектуальную поддержку принятия решений в нештатных ситуациях.

Анализ способов и методов формирования центров ответственности и центров затрат показал, что существует множество классификаций данных центров, но отсутствуют формали-

зованные методики их представления в автоматизированных системах. Механизмы формирования центров затрат и центров ответственности определяются исходя из субъективного представления менеджеров предприятия об уровнях детализации центров затрат и взаимосвязи их с центрами ответственности.

По управлению затратами в строительстве выявлены следующие типовые недостатки.

Происходит запаздывание в обработке оперативной информации по затратам с лагом 1,5 месяца, следовательно, какое-либо обоснованное воздействие на отклонения в течение этого периода отсутствует. При такой системе учета наблюдается низкая оперативность и, следовательно, малоэффективный контроль отклонений по статьям затрат строительной организации в режиме реального времени и по иерархическим уровням управления.

Не формализованы задачи поддержки принятия решений по управлению затратами в нестандартных ситуациях.

По результатам анализа разработана модель для формализованного представления объекта управления, выделены признаки свойств и параметры по уровням декомпозиции организационной структуры управления. На основе разработанной модели объекта управления производится классификация типовых производственных ситуаций и декомпозиция процедур принятия решений.

2. СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТИПОВЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Электронный документооборот АСППР отражает производственные процессы, аккумулирует информацию о потоках ресурсов по центрам ответственности и центрам затрат. Необходимо использовать такие подходы и методы классификации документов, которые обеспечивают эффективную организацию проектного менеджмента [6]. Системы классификации документов связаны с процессами их декодирования или деклассификации и поэтому необходимо обеспечить адекватность взаимосвязей между документами.

Результатом проведения работы по формализации системы классификации и кодирования информации для создания системного проекта АСППР является методика, основанная на применении шкалы нечеткости.

Применение метода нечеткой классификации и кодирования информации позволяет автоматизировать методику предпроектного ана-

лиза управляющей деятельности специалистов строительного предприятия и представить в формализованном виде входные документы для системного проекта. Данный метод позволяет поддерживать единые требования к бумажному и электронному документообороту, аккумулировать потоки ресурсов по центрам затрат и центрам ответственности.

Формы документов методики предпроектного обследования представлены в виде реляционной базы данных, сущности которой соответствуют структуре документов, а логическая структура взаимосвязанных документов соответствует коду бизнес-процесса. В соответствии с методикой проведено предпроектное обследование бизнес-процессов типовых строительных предприятий, в результате которого создана лингвистическая база функций и база данных документов. Выявлено 14 функциональных подсистем, которые представляют 60 процессов деятельности, 250 функций деятельности, реестр документов насчитывает их более тысячи. На основе лингвистической базы АСППР создается комплекс системных моделей затрат.

Системное моделирование проведено по методологии структурного анализа и проектирования SADT.

3. ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Разрабатывается комплексная системная модель затрат в строительном производстве в соответствии с требованиями ERP-методологии и на основе электронного документооборота, адекватно отображающего производственные процессы. Предлагается методика создания данных моделей.

Предложенная модель управления строительным производством (рис. 1) включает: выделение центров ответственности на основе сопряжения организационной структуры и системной модели управленческой деятельности; формализованное описание механизмов центров затрат на основе сопряжения системной модели производственной деятельности по уровням строительно-монтажных работ; подсистему электронного документооборота.

Разработанные схемы документооборота позволяют определить маршрут формирования оперативного учета прямых и непрямых затрат в кодах документов и создать схему электронного документооборота, удовлетворяющую методологии ERP-системы.

Анализ показал, что для функционирования ERP-системы по модулям «Управление затратами», «Производство» необходимо разработать системные модели технологических маршрутов (ТМ), рабочих центров (РЦ) и центров затрат (ЦЗ). Для этого проводится анализ условий формализованных описаний ТМ, РЦ, применяемых для управления затратами в ERP-системах, на основе которых разработан формализованный графоаналитический метод моделирования ТМ, РЦ.

Для исследования соответствия свойств ТМ в строительстве и в методологии ERP построены функциональные модели технологических маршрутов, проведен ABC-анализ для учета непроизводительных затрат. Показана информационная избыточность аналитических показателей ТМ в строительстве. Для формирования системных моделей ЦЗ, РЦ на основе анализа ТМ в строительстве применен метод элементной структуризации, который позволяет проанализировать использование ресурсов. На основании вышеизложенного предложена методика формирования РЦ, ЦЗ (рис. 2).

4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Разрабатывается математическая модель оценки момента времени для формирования эффективных управленческих решений, предлагается алгоритм поддержки принятия управленческих решений для выбора оптимальной стратегии управления в нестандартных производственных ситуациях.

Рассматривается эвристическая модель управления непроизводительными затратами [2]. На ее основе сделан вывод, что в течение рабочей смены в реальных производственных системах возникает одновременно множество отклонений текущих значений параметров от плановых по разным видам ресурсов. Кроме этого, для одного вида, но разных групп ресурсов частота и величина возникающих отклонений различная. Управление выполнением СМР является стохастическим процессом и связано с решением многомерной задачи с вероятностными параметрами [5, 7].

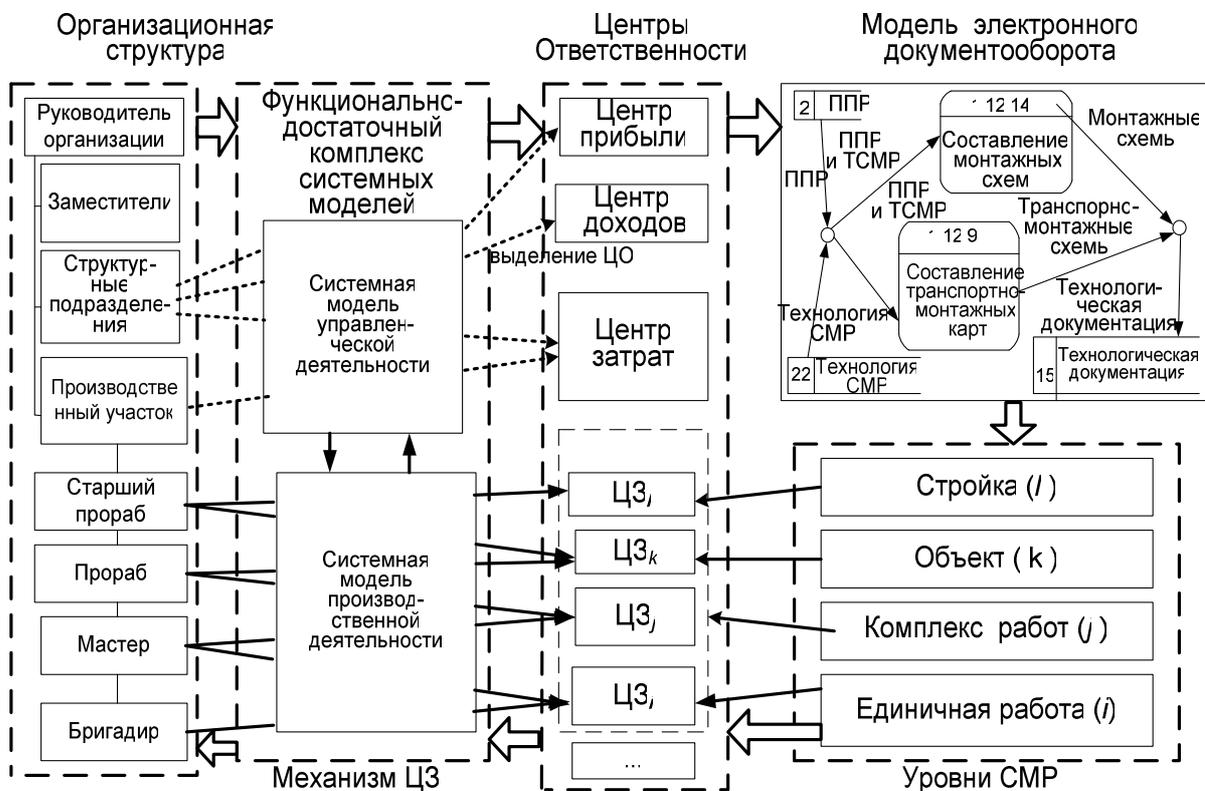


Рис. 1. Модель управления строительного производства

В связи с этим принцип координирующих воздействий рассматривается как один из наиболее важных подходов в организационном управлении строительством с целью уменьшения непроизводительных затрат. В работе предлагается для моделирования основных параметров координирующих воздействий при управлении затратами применить дифференциальные уравнения Колмогорова [1].

Для общего представления производственных процессов определяются два класса состояний системы: S_1 – класс состояния системы при достаточном обеспечении ресурсов; S_2 – класс состояния системы при отсутствии планируемых ресурсов.

Полагаем, что на производственную систему, находящуюся в состоянии S_1 , действует пуассоновский поток возмущений с интенсивностью $\lambda(t)$, переводящий систему в состояние S_2 , и пуассоновский поток с интенсивностью $\mu(t)$, переводящий систему из состояния S_2 в S_1 . Тогда дифференциальные уравнения Колмогорова

для вероятностей состояний $P_1(t)$ и $P_2(t)$ приводятся к виду

$$\begin{aligned} dP_1/dt &= P_2(t)\mu(t) - P_1(t)\lambda(t); \\ dP_2/dt &= P_1(t)\lambda(t) - P_2(t)\mu(t), \end{aligned} \quad (1)$$

при нормировочном условии для группы событий $P_1(t) + P_2(t) = 1$.

Находятся вероятности состояния управляющей системы в соответствии с плановыми показателями ресурсов и при отсутствии планируемых ресурсов в момент времени t

$$P_1(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}; \quad (2)$$

$$P_2(t) = 1 - P_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} (1 - e^{-(\lambda + \mu)t}). \quad (3)$$

Для минимизации непроизводительных затрат, связанных с несвоевременным принятием управленческого решения в нештатной производственной ситуации, находим критические точки фазового перехода управляющей системы из одного состояния в другое.

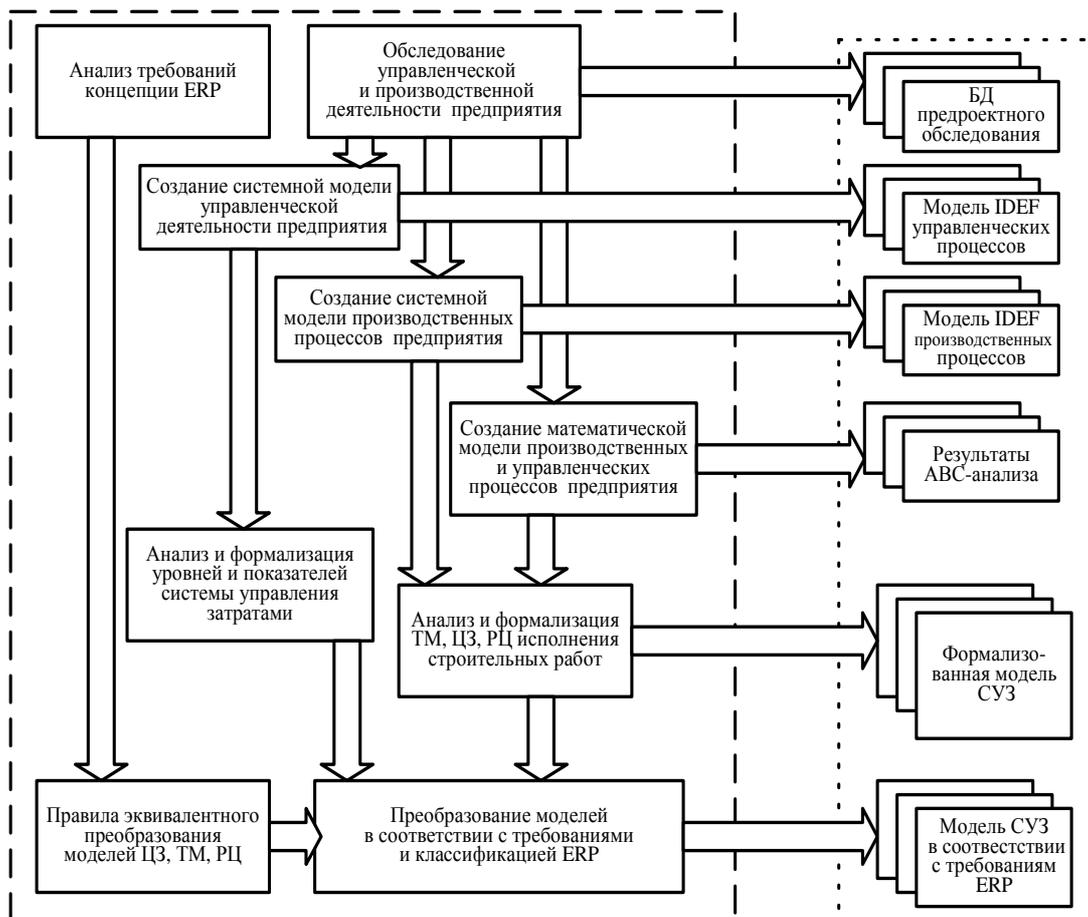


Рис. 2. Схема формирования рабочих центров, центров затрат в соответствии с методологией ERP

Для определения данных точек применим энтропийный подход (4). При этом используется свойство энтропии (5):

$$H(S) = -[P \log P + (1-P) \log (1-P)], \quad (4)$$

$$P(S_1) = P = P(S_2) = 1-P = 0,5. \quad (5)$$

Вычисляется момент времени t , к которому необходимо сформировать управленческое решение для ликвидации нештатной производственной ситуации:

$$t = -\frac{1}{2(\lambda + \mu)} \ln \frac{\lambda - \mu}{\lambda}. \quad (6)$$

Класс состояния управляющей системы S_I включает подклассы S_F, S_L, S_M, S_I состояний, характеризующих наличие видов ресурсов финансовых F , трудовых L , материальных M , информационных I , используемых для организации выполнения СМР. Каждый подкласс имеет определенную интенсивность потоков событий $\lambda_F, \lambda_L, \lambda_M, \lambda_I$.

Определяется интенсивность потоков случайных событий для классов S_1, S_2 .

$$\lambda = \lambda_F + \lambda_L + \lambda_M + \lambda_I, \quad (7)$$

$$\mu = \mu_F + \mu_L + \mu_M + \mu_I. \quad (8)$$

Вероятности подклассов состояний определяются

$$P_{1F} = e^{-\lambda_F t}; \quad P_{1L} = e^{-\lambda_L t}; \quad (9)$$

$$P_{1M} = e^{-\lambda_M t}; \quad P_{1I} = e^{-\lambda_I t}; \quad (10)$$

$$P_{2F} = 1 - e^{-\mu_F t}; \quad P_{2L} = 1 - e^{-\mu_L t}; \quad (11)$$

$$P_{2M} = 1 - e^{-\mu_M t}; \quad P_{2I} = 1 - e^{-\mu_I t}. \quad (12)$$

Результирующие вероятности независимых событий для классов состояний системы S_1 и S_2 равны

$$P_{1S}(t) = P_{1F} + P_{1L} + P_{1M} + P_{1I}, \quad (13)$$

$$P_{2S}(t) = P_{2F} + P_{2L} + P_{2M} + P_{2I}. \quad (14)$$

Изменение вероятностей во времени для подклассов состояний, определяемых возникающими отклонениями в состоянии объекта управления от плановых значений, по разным видам ресурсов показано на рис. 3.

Далее рассматривается n групп одного вида потоков ресурсов. Интенсивность потока случайных событий для подклассов состояний определяется из следующих соотношений:

$$\lambda_M = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 \lambda_{ij,M}, \quad (15)$$

$$M_M = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 \mu_{ij,M}. \quad (16)$$

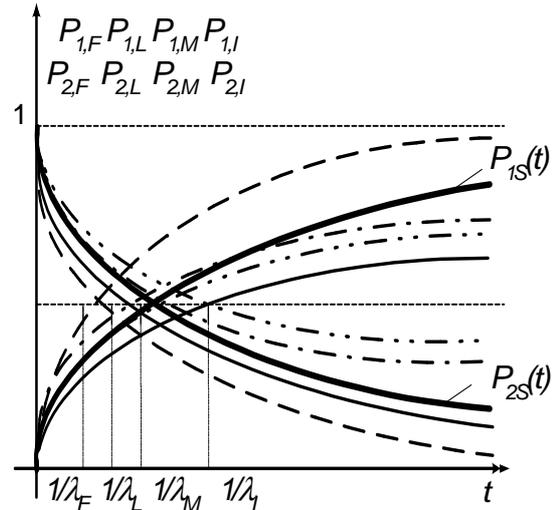


Рис. 3. Изменение вероятностей во времени для подклассов состояний управляющей системы

Вероятность состояний для управляющей системы с учетом декомпозиции подклассов:

$$P_{1M} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 e^{-(\lambda M_{ij})t}, \quad (17)$$

$$P_{2M} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 (1 - e^{-(\lambda M_{ij})t}). \quad (18)$$

Соответственно определяются интенсивность потока и вероятности состояний $\lambda_F, M_F, \lambda_L, M_L, \lambda_I, M_I, P_{1F}, P_{2F}, P_{1L}, P_{2L}, P_{1I}, P_{2I}$. Произведена классификация по классам нештатных производственных ситуаций, возникающих при выполнении строительно-монтажных работ, выделены признаки ситуаций. Выделено 6 основных классов нештатных производственных ситуаций, которые представляют 16 подклассов. На основе статистических данных строительных организаций г. Уфы рассчитывается частота появления событий и интенсивность λ и вычисляется время t .

Алгоритм поддержки принятия решений при управлении затратами в нештатных производственных ситуациях строится на основе использования принципа координирующих воздействий и построения функции последствий с учетом оптимального момента времени для формирования управляющих воздействий (рис. 4). Разработана модульная структура АСППР, представленная на рис. 5, включающая модули ERP-системы, настроенные по специфике строительства, а также процедуры поддержки принятия решений по непроизводительным затратам.

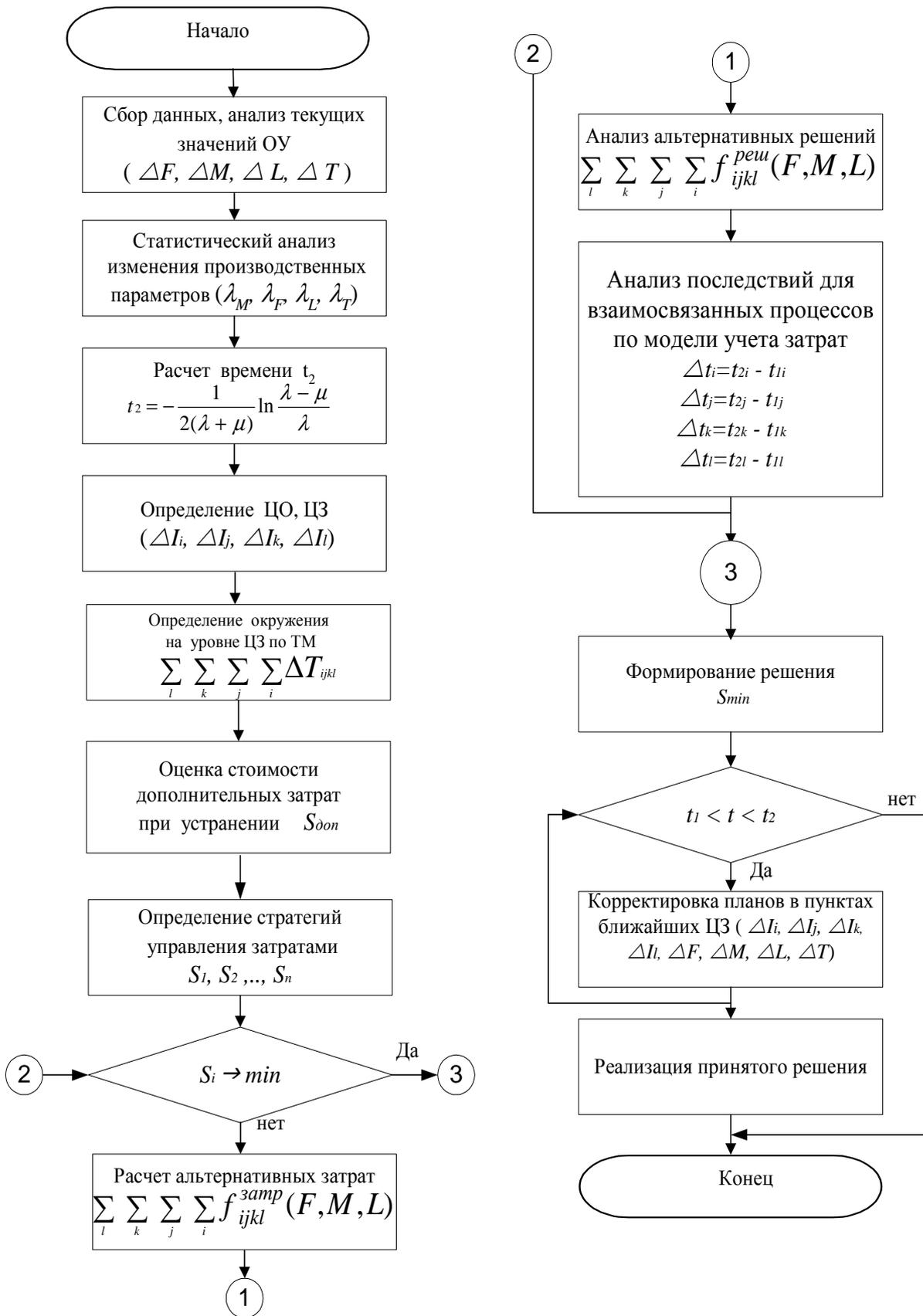


Рис. 4. Общий алгоритм поддержки принятия решений в нештатных производственных ситуациях

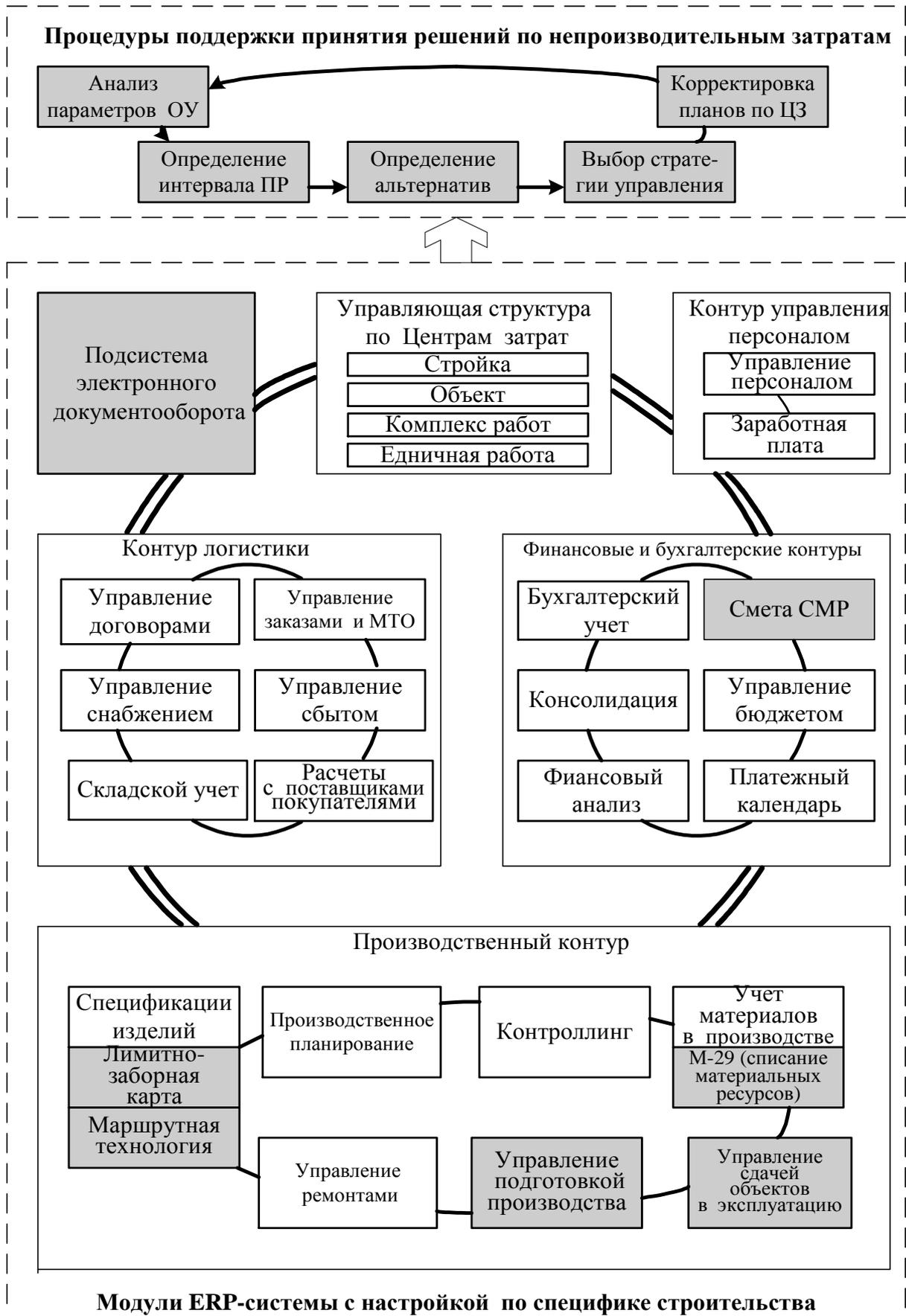


Рис.5. Модульная структура АСППР

При ликвидации нештатных ситуаций предлагаются разные стратегии управления, направленные на минимизацию непроизводительных затрат ЛПР на разных уровнях организационного управления (мастера, прораба, старшего прораба, главного инженера, директора).

Формализованное представление стратегий управления в АСППР позволяет выбрать наилучшую стратегию с точки зрения минимальных непроизводительных затрат в нештатной производственной ситуации. Экспериментальная проверка эффективности АСППР показала, что объем непроизводительных затрат уменьшается более чем в 3 раза.

ВЫВОДЫ

1. Разработан комплекс системных моделей строительного производства, адекватно отображающий организационную структуру управления во взаимосвязи с объектом управления, что позволяет построить единый контур управления затратами по центрам ответственности с декомпозицией по иерархическим уровням.

2. Разработана модель оценки оптимального момента времени для формирования управляющих воздействий на основе дифференциальных уравнений Колмогорова.

3. Разработаны алгоритм и методика построения процедур поддержки принятия решений в нештатных производственных ситуациях на основе системной модели затрат, которая позволяет формализовать знания специалистов предметной области и автоматизировать функции интеллектуального управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вентцель Е. С., Овчаров Л. Л.** Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. 384 с.

2. **Дронь Е. А.** Эвристическая модель управления строительством в нештатных производственных ситуациях // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: Тр. IX науч.-техн. конф. Пенза: РИО ПГСХА, 2009. С. 152–153.

3. Информационные технологии и управление предприятием / В. В. Баранов [и др.]. М.: АйТи, 2004. 328 с.

4. Реинжиниринг процесса управления затратами в строительстве / Г. Г. Куликов [и др.] // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями: Тр. VI науч.-техн. конф. М.: МЭСИ, 2002. С. 178–181.

5. **Куликов Г. Г., Рыжов Г. И.** Методика определения параметров временной диаграммы подсистемы диагностики и парирования сбоев и отказов информационно-измерительных цифровых СУА ГТД // Автоматическое регулирование двигателей летательных аппаратов: Сб. ст. М.: ЦИАМ, 1990. Вып. 26. С. 151–158.

6. **Речкалов А. В.** Методология построения организационно-функциональной модели предприятия / А. В. Речкалов [и др.] // Вестник УГАТУ. 2004. Т. 5, № 2 (10). С. 161–173.

7. **Юсупова Н. И.** Критические ситуации и принятие решений при управлении в условиях помех. Уфа: Гилем, 1997. 112 с.

ОБ АВТОРАХ



Дронь Елена Анатольевна, доц. каф. автоматизированных систем упр-я. Дипл. экономист по информ. системам (УГАТУ, 1999). Канд. техн. наук по автоматиз. и упр-ю технол. процессами и производствами (УГАТУ, 2003). Иссл. в обл. инф.-упр. систем.



Куликов Сергей Геннадиевич, вед. спец.-эксп. отдела координации гос. закупок Мин-ва экон. развития Респ. Башкортостан. Дипл. инж.-сист. (УГАТУ, 2001). Иссл. в обл. автоматиз. информ. систем, гос. и муницип. заказов, инф.-аналит. сопровождения.