

## УДК 515.2

**Попов Вадим Михайлович**

Кандидат технических наук, доцент, проректор

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

**Чуб Игорь Андреевич**

Доктор технических наук, профессор, начальник кафедры пожарной профилактики в населённых пунктах

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

**Новожилова Марина Владимировна**

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической кибернетики и информационных технологий

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

## КОНЦЕПЦИЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММАМИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

*Аннотация.* Система техногенной безопасности региона является сложной пространственно распределенной открытой системой, имеющей иерархическую структуру, значительный ресурсный потенциал. Предложены принципы адаптивного управления программами развития региональных систем техногенной безопасности. Структурированы основные этапы программ развития региональных систем техногенной безопасности с целью гармонизации с принципами адаптивного управления.

*Ключевые слова:* программы развития систем; адаптивное управление; обратная связь; продукт программы; модели

### Постановка проблемы

Формирование траектории дальнейшего развития Украины связано с повышением стандартов безопасности жизнедеятельности населения на основе развития государственной системы гражданской защиты, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера. По оценкам Всемирного банка на ликвидацию ущерба от техногенных аварий и катастроф государства в зависимости от уровня развития тратят от 6% до 10% ВВП, в том числе суммарные издержки для здоровья населения от загрязнения вод и атмосферного воздуха оцениваются в диапазоне (2,3–3,4) % ВВП.

Макроэкономические условия существования социально-экономической системы регионов Украины, реализованные на современном историческом этапе развития общества, ухудшение состояния основных фондов потенциально опасных объектов (ПОО), недостаток финансирования – эти и другие факторы повышают роль системы техногенной безопасности (СТБ) как инструмента стабильного функционирования экономики регионов.

Региональная СТБ как сложная целенаправленная система характеризуется динамичностью и разнонаправленностью изменения, недетерминированностью параметров внешней и

внутренней среды, высоким уровнем амортизации собственных основных фондов в условиях предельных ресурсных ограничений (в том числе временных), что в целом обуславливает необходимость создания и реализации новых механизмов управления развитием системы. Необходимо также учитывать такие особенности региональных СТБ как иерархичность структуры (объектовый уровень, региональный уровень), наличие нескольких режимов функционирования (повседневный режим, режим чрезвычайной ситуации (ЧС)), смешанный характер финансирования, вероятностный характер возникновения ЧС, значительный социальный резонанс результатов функционирования.

Развитие технического, технологического, инновационного, кадрового потенциала региональных СТБ в соответствии с действующим законодательством осуществляется в рамках государственных и региональных целевых программ, рассчитанных на определенный период времени (от 4 до 7 лет). Однако, разработанные сегодня целевые программы не в полной мере адекватны реалиям современности, что зачастую ведет к их преждевременному прекращению.

Таким образом, повышение эффективности управления программами развития региональной системы гражданской защиты является актуальной задачей.

Системологический анализ теоретических исследований и практических результатов в данной предметной области позволил выделить в качестве наиболее перспективного программный подход, обеспечивающий реализацию концепции адаптивного управления развитием СТБ.

### **Анализ предыдущих исследований и публикаций**

Одной из первых публикаций в сфере управления техногенной безопасностью является работа В.Н. Буркова [1], в которой рассмотрена постановка задачи на уровне предприятия и реализован двухэтапный метод ее решения.

Различные аспекты проблемы адаптации сложных целенаправленных систем и управления их развитием на соответствующих этапах жизненного цикла изучались в работах В.И. Скурихина, В.А. Забродского [2], И.С. Константинова, О.А. Иващук [3], А.Н. Чобановой [4] и других отечественных и зарубежных ученых.

Как отмечается в работе [3], в настоящее время построение систем техногенной безопасности объектов и систем их управления базируется на использовании стационарных моделей, что становится причиной низкого уровня объективности и существенной задержки принятия и реализации управленческих решений по обеспечению требуемого уровня техногенной безопасности. Эта проблема может быть решена путем создания систем техногенной безопасности, обеспечивающих адаптивность процесса управления к динамике структуры и параметров объекта, внешней среды и к особенностям территории, на которой функционируют объекты.

Обращение к методологии проектно-ориентированного управления портфелями проектов и программами, фундаментальные вопросы которой рассмотрены в работах С.Д. Бушуева [5], С.К. Чернова [6], Ю.П. Рака [7], О.В. Сидорчука, Р.Г. Рагушного [8] и других авторов, обусловило возможность реализации следующего этапа развития стратегий управления техногенной безопасностью на государственном, региональном и объектовом уровнях.

В работе [7] рассмотрен инновационный подход к решению проблемы распределения ограниченных ресурсов при проектно-ориентированном управлении проектами, портфелями проектов и программами развития сложных социально-экономических систем в сфере гражданской защиты как основы повышения эффективности управления системой.

В работе [8] предложено обоснование такого важного этапа моделирования государственных целевых программ, как профилирование их миссии

на основе системного подхода с учетом знаний предметной области.

В публикациях [9; 10] изучены различные аспекты проблемы адаптивности проектов и программ. В статье [9] свойство адаптивности проектов рассмотрено с точки зрения их инновационности на основе исследования методики классификации инновационности продукта. Работа [10] посвящена методике адаптации реализации этапа строительного проекта на основе учета особенностей логистики строительства.

### **Цель статьи**

В настоящее время отсутствует единый теоретико-методологический подход к построению методов, обеспечивающих адаптивное управление развитием системы техногенной безопасности региона с учетом особенностей территории, динамики множества ПОО, нормативной базы, характера финансирования и других факторов в условиях жесткой ограниченности ресурсов.

Целью статьи является построение и реализация принципов адаптивного управления программами развития региональных систем техногенной безопасности в соответствии с основными этапами программы, учитывающей динамику изменения внутренней и внешней среды.

### **Изложение основного материала**

На сегодня известно множество толкований понятий адаптации, адаптивности, адаптивной системы, адаптивного управления, что, очевидно, связано с широким их распространением в различных областях человеческой деятельности: социологии, биологии, математике, кибернетике. В данной работе в качестве базового принимается следующее определение [11]: адаптивным называется управление в системе с неполной априорной информацией об управляемом процессе, которое изменяется по мере накопления информации и применяется с целью улучшения качества работы системы.

Система техногенной безопасности региона как объект управления относится к классу развивающихся систем, для которых в процессе функционирования характерно динамичное изменение структуры, состава и количественных значений параметров, предпочтений, целевых установок и т.д. Так, нормативная база и структура государственной системы гражданской защиты, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера за последнюю четверть века претерпевала существенные изменения в среднем каждые три года.

Рассматривая СТБ как сложную целенаправленную систему, адаптивное управление

ее развитием можно трактовать как уточнение кинематики движения системы в фазовом пространстве параметров посредством изменения собственно свойств системы в контексте изменения целей системы, генерируемых внешней средой.

Отметим, что если цели СТБ могут изменяться под влиянием внешней и внутренней среды, то предназначение системы, определенное как обеспечение техногенной безопасности региона, остается неизменным.

Техногенная безопасность рассматривается как состояние защищенности населения, территории, объектов от негативных последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в соответствии с чем в работе [12] предложена оценка уровня  $\mathfrak{Z}$  техногенной безопасности региона в виде функционала  $\mathfrak{Z}(\mathfrak{R}, P, \mathfrak{w})$ , где  $\mathfrak{R}$  – многомерная оценка технического состояния потенциально-опасных объектов (ПОО),  $P$  – множество функциональных свойств системы техногенной безопасности региона,  $\mathfrak{w}$  – природно-географические и экономические особенности региона. В контексте данного исследования наиболее значимыми являются компоненты множества  $\mathfrak{w}$ , характеризующие уровень загрязнения атмосферы, земли, водного бассейна региона (экологическая составляющая).

Следовательно, эффективность СТБ, представляющая собой многофакторную оценку качества функциональных свойств системы, определяет уровень техногенной безопасности региона.

В этой связи интересна работа [13], в которой формализуется понятие сопротивляемости региона (техногенным и природным угрозам) и предлагается количественная оценка сопротивляемости.

В целом предлагаемая концепция адаптивного управления развитием СТБ основана на двух фундаментальных положениях.

Во-первых, это наличие обратной связи, организуемой в виде регулярного наблюдения за качеством природной среды региона и за влияющими на ее формирование параметрами ПОО, а также наблюдения за изменениями макросреды региональной СТБ. Осуществление такого рода наблюдения для целей оперативного и стратегического управления возможно на основе разработки автоматизированных систем экономического и экологического мониторинга.

Во-вторых, это наличие модели управляемого объекта, в которой анализируются возможные последствия управления, т.е. с помощью модели объекта обеспечивается построение прогноза его функционирования, на основании чего проводится так называемое упреждающее управляющее воздействие.

Отметим при этом, что система техногенной безопасности является открытой системой, поэтому

адаптивное управление развитием СТБ предусматривает построение динамической модели взаимодействия системы с внешней средой.

Качество адаптации характеризуется оперативностью реакции (изменения) собственно управления на текущие изменения в объекте управления и в окружающей среде. Таким образом, в качестве основного показателя эффективности адаптивного управления в рамках данной работы принимается оперативность управления, т.е. генерация эффективного управляющего воздействия в темпе, отвечающем динамике изменения внешней (и внутренней) среды.

При этом задачи управления развитием СТБ практической размерности в динамической постановке объективно неразрешимы как задачи непрерывного управления (непрерывной оптимизации), что подразумевает необходимость дискретизации по времени (и по другим ресурсам), синхронизированной с изменением состояния внешней среды, и декомпозиции множества целей функционирования. Таким образом, генезис СТБ осуществляется в рамках выполнения последовательности государственных программ развития региональных СТБ, которые представляют собой совокупность взаимосвязанных проектов, согласованных с периодами, режимами и направлениями деятельности СТБ.

Координация управления множеством проектов в рамках выполнения программы осуществляется с целью достижения преимуществ и степени управляемости, недоступных при управлении каждым из проектов по отдельности.

Таким образом, миссия программ развития СТБ состоит в улучшении (модернизации) характеристик систем техногенной безопасности на региональном и государственном уровнях.

Продуктом программы выступает система техногенной безопасности, отвечающая текущему уровню опасностей техногенного характера. Другими словами, продуктом программы развития СТБ являются улучшенные характеристики и новые свойства существующей системы. На рис. 1 представлены основные характеристики адаптивного управления программами развития региональных СТБ.

Выделим следующие особенности реализации программ развития региональных СТБ:

- работы по программам развития проводятся в режиме непрерывного функционирования модернизируемой системы, т.е. имеет место так называемая «горячая» модернизация;

- отсутствуют как таковые критерии эффективности использования бюджетных средств. Имеющиеся подходы скорее оценивают результативность программы, а не ее эффективность;



Рисунок 1 – Характеристики адаптивного управления программой

– при проведении работ по программам необходимо учитывать возможную нерегулярность поступления и вероятность внезапного прекращения бюджетного финансирования.

Используя в качестве основы методологию подхода [2], выделим и сформулируем концептуальные особенности, присущие адаптивному управлению программами развития региональной СТБ в виде следующих принципов.

1. *Принцип эволюционности развития* – обусловлен необходимостью обеспечения свойства преемственности – оптимального использования имеющихся сил и средств обеспечения техногенной безопасности региона при изменении структуры и состава системы в целом как реакции на внешние изменения. Это означает, что достигнутый уровень компетентности решения профессиональных задач является отправной точкой новой программы развития.

2. *Принцип необходимости и достаточности ресурсов* – обусловлен объективной необходимостью априорного определения оптимальных параметров СТБ для обеспечения достижения множества целей, конкурирующих в контексте использования ограниченных ресурсов, при этом реализация некоторых целей в кратко- и среднесрочной перспективе носит вероятностный характер.

3. *Принцип упреждающего управления*. Наличие в региональной СТБ различных функциональных подсистем и режимов деятельности предусматривает реализацию ряда мероприятий по предупреждению (профилактике) ЧС, а также смягчение вероятных негативных последствий для региона.

4. *Принцип приоритетности учета ресурсного потенциала*. Под ресурсным потенциалом системы

понимается множество материальных, энергетических, финансовых кадровых, информационных, инновационных и других видов ресурсов, используемых элементами СТБ совместно или эксклюзивно. Объективная сложность логики распределения и использования ресурсного потенциала обусловлена разнообразием задач СТБ (и, соответственно, разнообразием видов ресурсов), инерционностью изменения параметров ресурсного потенциала, бюджетной (в основном) формой финансирования. Совокупность необходимых ресурсов активизируется в рамках осуществления текущего этапа программы развития, а также представляет резервы и возможности по мобилизации необходимых типов ресурсов для обеспечения развития СТБ в будущем. В данном контексте при моделировании финансовых потоков в течение выполнения программы необходимо учитывать смешанный тип формирования финансового ресурса – бюджетные средства и частные инвестиции, кредиты, средства организаций – доноров (гранты), международные инвестиционные фонды.

5. *Принцип инновационного развития*. Разработка и внедрение соответствующих математических моделей, оптимизационных методов, информационных технологий в управление, созданных с учетом специфики предметной области гражданской защиты, определяют методологию управления, обладающую новыми свойствами и более эффективно удовлетворяющую имеющиеся или будущие потребности.

На рис. 2 представлен механизм реализации принципов адаптивного управления программой развития региональной СТБ, согласованный с укрупненными этапами программы.

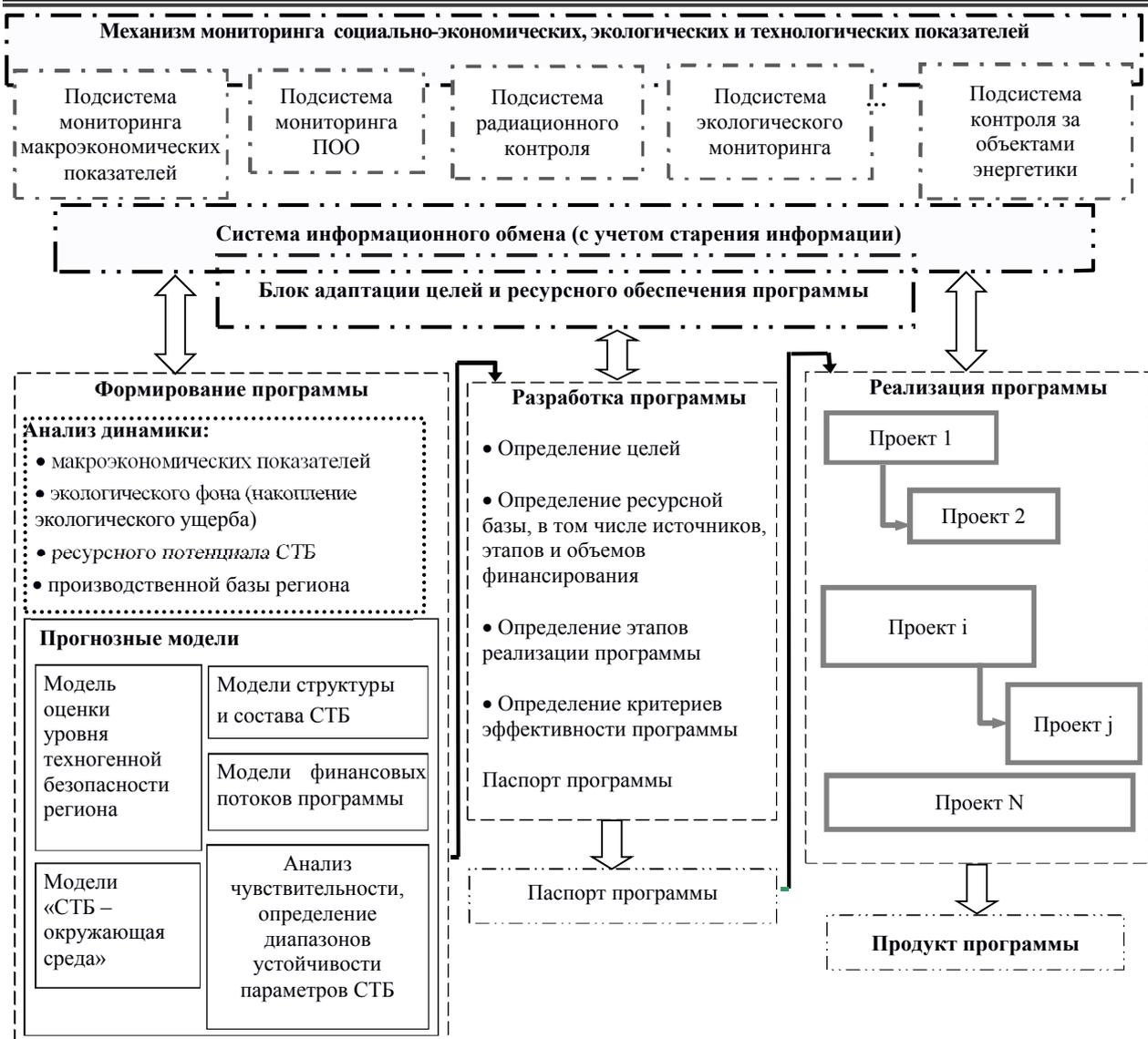


Рисунок 2 – Реализация принципов адаптивного управления по укрупненным этапам программы развития СТБ

### Выводы и направления дальнейших исследований

В дальнейших исследованиях предполагается разработка механизмов реализации выделенных принципов адаптивного управления программами развития СТБ, в том числе:

- системный анализ структуры и состава множества промышленных объектов региона, характеристику ПОО с целью формализации возможного влияния опасных факторов на человека и окружающую среду (Принцип 1);
- построение стохастической в общем случае динамической дискретной имитационной модели производственной региональной системы, содержащей ПОО, для описания внутренних отношений между компонентами системы, определения надежности элементов и устойчивости (живучести) системы в целом в изменяющихся условиях их эксплуатации с использованием концепции стареющих систем (Принципы 2, 3);
- формирование информационной базы о

свойствах и структуре региональной производственной системы в рамках информационно-аналитической системы с использованием ГИС-технологий; рассмотрение иерархии структуры СТБ: объектовый уровень – уровень региона (Принципы 3, 5);

- формализация материальных, финансовых, информационных потоков между уровнями СТБ, между системой и внешней средой, характеристика возникающих типов неопределенности на каждом из уровней (Принципы 2, 4);
- построение многокритериальной многомерной динамической оптимизационной модели СТБ региона, подразумевающей синтез системы показателей эффективности деятельности СТБ как подсистемы региональной социально-экономической системы с учетом ее состава и рисков, генерируемых внешней средой (Принцип 5);
- создание оптимизационных методов решения задачи синтеза структуры СТБ региона как основного этапа фазы формирования (планирования) региональной программы развития (Принцип 5).

## Список літератури

1. Бурков В.Н. Задачи оптимального управления промышленной безопасностью [Текст] / В.Н. Бурков, А.Ф. Грищенко, О.С. Кулик. – М.: ИПУ РАН, 2000. – 70 с.
2. Скурихин В.И. Адаптивные системы управления машиностроительным производством [Текст] / В.И. Скурихин, В.А. Забродский, Ю.В. Копейченко. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.
3. Иващук О.А. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса [Текст] / О.А. Иващук, И.С. Константинов. – М.: Машиностроение, 2009. – 205 с.
4. Чобанова А.Н. Использование принципов адаптивного управления в самообучающихся социально-экономических системах [Текст] / А.Н. Чобанова // Известия ЮФУ. – 2011. – №11. – с. 219 – 223.
5. Бушуев С.Д. Инновационные механизмы управления программами развития [Текст] / Н.Я. Азаров, Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуев. – «Саммит книга», 2011. – 528 с.
6. Чернов С. К. Эффективні організаційні структури в управлінні програмами розвитку наукомістких підприємств: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.13.22 / С.К. Чернов. – Миколаїв: Б/в, 2007. – 43 с.
7. Кващук В.П. Механізми управління розподілом ресурсів у проектах розвитку складних соціально-економічних систем [Текст] / В.П. Кващук, Ю.П. Рак, В.В. Бондаренко // Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 15. – С. 25-29.
8. Сидорчук О.В. Системні засади профілювання місії державних цільових програм [Текст] / О.В. Сидорчук, Р.Г. Ратушний, Г.Д. Гуцул, О.О. Сидорчук, В.В. Босак // Управління розвитком складних систем. – 2011. – № 6. – С. 59-63.
9. Пишнько А.Н. Оценка инновационности проектов/программ для анализа их адаптивности [Текст] / А.Н. Пишнько, И.А. Гордеева, В.В. Скалозуб // Управління розвитком складних систем. – 2012. – № 12. – С. 80-85.
10. Горда О.В. Визначення ресурсу адаптації виконання етапу будівельного проекту [Текст] / О.В. Горда, К.С. Бондарчук // Управління розвитком складних систем – 2013. – № 14. – С. 100-104.
11. Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов [Текст] / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин / Труды Института системного программирования РАН. – М.: ИСП РАН, Том 13, Часть 2. – 2007. – С. 37-55.
12. Попов В.М. Модель адаптивной системы техногенной безопасности региона [Текст] / В.М. Попов, И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Системы управления, навігації та зв'язку. – 2013. – Вип. 2(26). – С. 120-123.
13. Min Ouyang, Leonardo Duecas-Osorio, Xing Min (2012) .A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems. *Structural Safety*, №36, P. 23–31.

Статья поступила в редколлегию 23.12.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Гребенник, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

**Попов Вадим Михайлович**

Кандидат технічних наук, доцент, проректор

Національний університет цивільного захисту України, Харків

**Чуб Ігор Андрійович**

Доктор технічних наук, професор, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах

Національний університет цивільного захисту України, Харків

**Новожилова Марина Володимирівна**

Доктор фізико-математичних наук, професор, завідувача кафедрою економічної кібернетики та інформаційних технологій

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

**КОНЦЕПЦІЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ  
ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ**

**Анотація.** Система техногенної безпеки регіону є складною просторово розподіленою відкритою системою, що має ієрархічну структуру, значний ресурсний потенціал. Запропоновано систему принципів, адаптивного управління програмами розвитку регіональних систем техногенної безпеки. Структуровано основні етапи програм розвитку регіональних систем техногенної безпеки з метою гармонізації з принципами адаптивного управління.

**Ключові слова:** програми розвитку систем; адаптивне управління; зворотний зв'язок; продукт програми; моделі

**Popov Vadim**

Ph.D., Associate Professor, Vice-Rector

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv

**Chub Igor**

Doctor of technical sciences, professor, head of the department of fire prevention in settlements

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv

**Novozhilova Marina**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Department of Economic Cybernetics and Information Technologies

Kharkiv National University of Construction and Architecture, Kharkov

### ADAPTIVE MANAGEMENT CONTROL FOR THE DEVELOPMENT PROGRAMS OF REGIONAL TECHNOLOGICAL SAFETY SYSTEMS

**Abstract.** System of the region technological safety (STS) is complex spatially distributed open system having a hierarchical structure, significant resource potential and functioning in an external environment with high dynamics. It is also necessary to take into account such characteristics of regional STS as hierarchical structure (enterprise-level, regional level), several modes of operation (daily mode, emergency mode), the mixed nature of the financing, the probabilistic nature of industrial emergencies, significant social resonance that accompanies the results of operation. Thus, increasing the management efficiency for programs of the regional STS development based on the adaptive control concepts is an urgent task. The principles of adaptive management programs for the development of regional STS have been proposed. The basic stages of the development regional STS programs for harmonization with the principles of adaptive management have been structured. The main components of the adaptive control including feedback and mathematical models of the system being improved have been presented.

**Keywords:** development programs of systems; adaptive control; feedback; program product; models

#### References

1. Burkov, V.N., Grishchenko, A.F., & Kulik, O.S. (2000) Optimal control problems of industrial safety. – M.: Institute of control sciences of RAN, 70.
2. Skurihin, V.I., Zabrodskiy, V.A., & Kopeychenko, Y.V. (1989) Adaptive control systems for engineering production. –M.: Engineering. 208.
3. Ivashchuk, O.A., & Konstantinov, I.S. (2009) Theoretical basis for building automated control system of ecological safety of industrial and transport complex, M.: Engineering, 205.
4. Chobanova, A.N. (2011) Using the principles of adaptive management in the self-studying socio-economic systems. News SFU, 11, 219 – 223.
5. Azarov, N. Ya., Yaroshenko, F.A., & Bushuyev, S.D. (2011) Innovative mechanisms for managing programs of the development. Kyiv, "Summit of the book", 528 p.
6. Chernov, S.K. (2006) Effective organization structures for the program management of the science-intensive enterprise development. – Manuscript. Doctoral Thesis. Speciality 05.13.22 – Projects and Programs Management. – National Shipbuilding University named after admiral Makarov, Nikolaev.
7. Kvashuk, V.P., Rak, U.P., & Bondarenko, V.V. (2013) Mechanisms control the distribution of resources in projects of complex socio-economic system. Management of Development of Complex Systems, № 15, 25-29.
8. Sidorchuk, O.V., Ratushniy, R.G., Gutsul, G.D., Sidorchuk, O.O., & Bosak, V.V. (2011) System framework of profiling mission state programs, Management of Development of Complex Systems, № 6, 59-63.
9. Pshinko, A.N., Gordeeva, I.A., & Scalozub, V.V. (2012) Assessing innovation projects / programs for analyses their adaptability. Management of Development of Complex Systems, № 12, 80-85.
10. Gorda, O.V., & Bondarchuk, K.S. (2013) Determination of resource of adaptation of implementation of the stage of a build project. Management of Development of Complex Systems, № 14. 100-104.
11. Karpov, L.E., & Yudin V.N. (2007) Adaptive control of precedent, based on the classification of the states of managed objects, Proceedings of the Institute for System Programming of Russian Academy of Sciences, M.: ISP RAS, 13 (2), 37-55.
12. Popov, V.M., Chub, I.A., & Novozhilova, M.V. (2013) Model of the adaptive system of the region technological safety. Systems of management, navigation and communication, №. 2(26), 120-123.
13. Min, Ouyang, Leonardo, Duecas-Osorio, & Xing, Min (2012) .A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems. Structural Safety, №36, 23–31.

#### Посилання на публікацію

APA Popov, V. M., Chub, I. A., & Novozhilova, M. V. (2015). Adaptive management control for the development programs of regional technological safety systems. Management of Development of Complex Systems, Issue 21, P. 156 – 162 [in Russian].

ГОСТ Попов В.М. Концепция адаптивного управления программами развития систем техногенной безопасности региона [Текст] / В.М. Попов, И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Управління розвитком складних систем. – 2015. - № 21. – С. 156 - 162.