

**В.Л. Грачев**  
(ВНИИ ГОЧС МЧС России; e-mail: g-vl@mail.ru)

## **ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

*Предлагаются методические подходы к оценке эффективности автоматизированных систем антикризисного управления федерального и регионального уровней в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера до начала эксплуатации систем.*

*Ключевые слова: автоматизированная система, эффективность, устойчивость, качество.*

**V.L. Grachev**

## **ABOUT ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS IN EMERGENCY**

*Methodical approaches to the estimation of efficiency of the automated systems of crisis management at Federal and regional levels in emergency situations of natural and technogenic character before the start of operation systems are proposed.*

*Key words: automated system, efficiency, sustainability, quality.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 2 июля 2014 г.

В настоящее время особую значимость приобретает автоматизация систем антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, особенно таких, как система управления вертикали НЦУКС МЧС России и **Система обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру "112" (Система-112)** на базе единых дежурно-диспетчерских служб.

Одним из путей повышения эффективности использования указанных автоматизированных систем является определение рационального варианта автоматизации еще на начальном этапе проектирования системы при выборе её структуры, что позволяет избежать проектных ошибок в части базовых элементов, а также минимизировать стоимость и сроки разработки.

Выбор рационального варианта автоматизации требует проведения оценки предполагаемой эффективности автоматизированной системы антикризисного управления федерального и регионального уровней в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера до начала её эксплуатации.

Под эффективностью любой системы понимается степень приспособленности системы к решению стоящих перед ней задач или степень достижения заданных целей функционирования [1]. Рациональная реализация (структура, состав, архитектура) автоматизированной системы определяется удовлетворяющим заказчика соотношением между результатами её функционирования и требуемыми затратами на создание и использование системы.

Для *систем антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях (АС АКУЧС)*, таких, например, как автоматизированные системы вертикали управления НЦУКС МЧС России или Система-112, это положение ужесточается необходимостью удовлетворять в обязательном порядке специальными требованиями, таким как живучесть при воздействии факторов ЧС различного типа, повышенной надёжности, защите от несанкционированного доступа и прочим, определяемым назначением и режимами функционирования системы.

Требуемую функциональность АС АКУЧС и указанные специальные требования возможно описать ограниченным рядом показателей, которые, наряду с заданным диапазоном значений этих показателей, определяют рациональную реализацию АС. Далее, АС АКУЧС должна строго соответствовать группе обязательных критериев и дифференциальным образом, определяемым специально задаваемым дополнительным "составным" критерием (например, "эффективность/стоимость"), соответствовать группе "желательных" критериев. Ограничения на значения группы желательных критериев при этом можно включить в группу обязательных критериев. Указанные показатели системы и критерии соответствия системы требованиям, согласно принятой на государственном уровне терминологии, целесообразно называть показателями эффективности системы.

Для обеспечения возможности формализации процесса определения рациональной реализации АС АКУЧС, в том числе задания требований к системе, выбранные для описания АС АКУЧС показатели эффективности должны иметь ограниченные количественные и определенно понимаемые качественные значения. Все значения показателей должны, с одной стороны, целевым образом задаваться заказчиком АС АКУЧС, а с другой – быть рассчитаны (оценены) разработчиком для выбранной реализации до начала рабочего проектирования и развертывания АС АКУЧС.

Для обеспечения легитимности оценки показателей эффективности разработчиком должна иметься апробированная методика либо группа методик их расчёта, либо типовая методика, описывающая основы выбора показателей эффективности для АС АКУЧС (как группы близких по целям, задачам и условиям функционирования АСУ), задания значений показателей эффективности, проверки на соответствие обязательным значениям обязательных показателей эффективности, оценки значений желательных показателей эффективности.

Автоматизированная система антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, как и любая другая АС, должна удовлетворять следующим основополагающим принципам построения систем: открытости, модульности, масштабируемости, системности, единства графического представления, интеграции.

Система антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера федерального или регионального уровней при выполнении ряда своих задач, таких как, например, координация деятельности органов управления и сил при выполнении аварийно-восстановительных и спасательных работ, восстановление и строительство жилых домов, объектов жи-

лично-коммунального хозяйства, социальной сферы, производственной и инженерной инфраструктуры, поврежденных и разрушенных, должна обладать возможностью выполнения своих функций в условиях продолжения воздействия дестабилизирующих факторов ЧС, в том числе в военное время. Таким образом, в первую очередь, необходимо оценить степень влияния на систему дестабилизирующих внешних воздействий (например, последствий ЧС), поскольку она является системой управления именно в кризисных ситуациях, то есть степень устойчивости системы (комплексное свойство автоматизированной системы управления военного назначения, характеризующее живучестью, помехоустойчивостью и надёжностью АСУ [2]).

Оценивать *эффективность* построения АС АКУЧС предлагается её *качеством* (под которым понимается степень приспособленности системы к решению стоящих перед ней задач или степень достижения заданных целей функционирования [3]), с точки зрения обеспечения автоматизации задач и функций, которые возложены в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 на МЧС России, и дополняющих указ подзаконных актах. В этом случае показатель эффективности будет мерилем или математическим эквивалентом степени достижения поставленных целей, а критерии эффективности – целевыми значениями показателей эффективности или математическими эквивалентами самой цели.

Также необходимо определить социально-экономическую эффективность автоматизации системы антикризисного управления, понимаемую как разницу оценок стоимости создания (модернизации) автоматизированной системы и достигаемого от этого социально-экономического эффекта.

Таким образом, алгоритм обоснования рациональной структуры автоматизированной системы антикризисного управления в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, понимаемый как типовой для указанного класса задач, можно описать следующим образом:

- выбор общих для всего класса АС АКУЧС одиночных обязательных показателей эффективности, требуемых диапазонов их значений и методик определения;

- выбор общих для всего класса АС АКУЧС одиночных желательных показателей эффективности, диапазонов их значений и методик определения;

- выбор общих для всего класса АС АКУЧС взаимосвязанных желательных показателей эффективности, в том числе определяемых на основании одиночных показателей эффективности, диапазонов их значений и методик определения;

- исследование устойчивости АС АКУЧС;

- оценка показателей качества АС АКУЧС;

- оценка социально-экономической эффективности АС АКУЧС.

Сразу необходимо указать, что обоснование рациональной структуры автоматизированной системы антикризисного управления ввиду достаточной сложности целесообразно проводить для систем не ниже регионального уровня (определяемого по охвату населения и территорий).

Также необходимо описание подходов по выбору специфических для конкретной АС АКУЧС одиночных и взаимосвязанных обязательных и желательных показателей эффективности, диапазонов их значений и методик определения.

Для оценки эффекта от автоматизации системы антикризисного управления необходимо рассматривать конкретный вариант предлагаемой АС, описываемый минимально необходимым набором признаков: перечнем функций, объектов и потребительских свойств, характеристиками структуры, временем жизни, стоимостью автоматизации, оценками социально-экономического эффекта и т.д.

В соответствии с особенностями создания АС АКУЧС необходимо выделить следующие основные ограничения, учитываемые при вышеуказанных оценках:

- по территории обслуживания;
- по времени создания АС АКУЧС;
- по времени функционирования;
- по стоимости и необходимости самокупаемости.

Оценку устойчивости АС АКУЧС предлагается проводить с помощью топологического анализа её структуры, который позволит:

- оценить надёжность, живучесть и помехоустойчивость АС АКУЧС;
- предложить пути их повышения;
- выявить или скорректировать другие свойства АС АКУЧС, например, получить информацию о степени "нагруженности" тех или иных элементов системы, в качестве которых могут быть центры обработки данных, серверы баз данных, серверы геоинформационных систем; организовывать параллельные пути передачи воздействий для разгрузки отдельных элементов системы.

Для проведения топологического анализа структура АС АКУЧС должна быть описана в виде ориентированного графа. Вершинами орграфа "являются" органы повседневного управления, информационные центры и дежурно-диспетчерские службы федеральных органов исполнительной власти и местных органов исполнительной власти, дежурно-диспетчерские службы, силы и средства различных уровней подчинения и принадлежности, а также организации, обеспечивающие поддержку принятия решений. Рёбра соединяют вершины орграфа и характеризуют направление поступления управленческих воздействий, а также наличие обратной связи – результат выполнения команды (мероприятия, операции).

При исследовании получившегося орграфа стандартными методами определяют количественные значения характеристик модели (коэффициента структурной избыточности, неравномерности распределения по связям, структурной компактности, диаметра структуры и степени централизации), дающие возможность качественного определения степени устойчивости АС АКУЧС. При этом для достаточно надёжной системы коэффициент структурной избыточности должен быть положительным, неравномерность распределения по

связям характеризует разницу в загруженности элементов системы, структурная компактность показывает степень близости элементов друг с другом, диаметр структуры характеризует максимальный путь поступления управляющего сигнала, степень централизации системы говорит о характере управления силами и средствами.

Чтобы оценить качество системы, необходимо в первую очередь выявить необходимое и достаточное множество характеризующих её показателей. Стандартно выдвигают следующие требования к единичному показателю качества: представительность, полнота, критичность, вычислимость, содержательность, операциональность, измеримость. Аналогичного типа требования выдвигаются к комплексу показателей эффективности: соответствие, полнота, минимальность, декомпозируемость.

Для того чтобы показатель эффективности достаточно полно характеризовал работу системы, он должен учитывать все основные особенности и свойства системы, а также условия её функционирования и взаимодействия с внешней средой. Показатель эффективности должен зависеть от структуры системы, значений её параметров, характера воздействия внешней среды, внешних и внутренних случайных факторов.

Оценка может быть количественной и качественной.

**Качественная оценка** – это процедура принятия решений по бинарной шкале, то есть процедура выбора одной из альтернатив:

- "да" – "нет";
- "годен" – "не годен";
- "задача выполнена" – "задача не выполнена";
- "цель достигнута" – "цель не достигнута" и т.п.

Как показывает практика, качественная оценка является более гибкой и бинарная шкала не всегда может быть применена.

Примерами значений, которые принимает оценка качественных показателей в многозначной шкале, служат следующие возрастающие последовательности:

- очень плохой – плохой – посредственный – удовлетворительный – хороший – отличный – превосходный;

- чрезвычайно мало – очень мало – мало – сравнительно мало (маловато) – немного – достаточно – порядочно – многовато – много – очень много – чрезвычайно много;

- задача не выполнена – задача невыполнена – задача почти выполнена – задача перевыполнена.

За каждой из таких оценок скрыты нечеткие (количественные интервальные) оценки показателей рассмотренных характеристик объекта.

Анализ приведенных последовательностей нечетких оценок показывает, что различие между количественным и качественным оцениванием состоит только в степени определенности эталонных шкал. Так, бинарная качественная шкала может быть заменена количественной шкалой, которая содержит два возможных значения  $\{0, 1\}$  измеряемого показателя.

Процесс оценивания эффективности системы по отдельно взятому показателю эффективности состоит из двух этапов:

- на первом этапе производится измерение характеристики системы, то есть определение или вычисление соответствующего показателя эффективности (количественного или качественного);
- на втором этапе проводится собственно оценивание системы по принятым для соответствующего показателя эффективности критериям, то есть, например, значению качественного показателя "хорошо" сопоставляется количественная оценка 0,75.

На основании полученного множества оценок эффективности системы по отдельным показателям с учётом весовых коэффициентов для каждого из показателей формируется взвешенная итоговая количественная оценка эффективности.

Далее для оценки пригодности АС АКУЧС для использования по назначению итоговая количественная оценка эффективности системы трансформируется в качественную оценку, например, соответствие или превышение числового значения установленному предельному значению 0,7 свидетельствует об эффективности АС АКУЧС.

Поскольку АС АКУЧС является сложной территориально распределенной системой, которая включает в себя центры управления в кризисных ситуациях различных уровней, множество центров обработки данных, подсистем связи и передачи данных, по которым передаются большие объёмы графической, виде, аудио, текстовой информации, персонал оперативно-дежурных смен и т.д., то прогноз эффективности системы необходимо делать на этапе её проектирования, а проводить оценку – на этапе приемочных испытаний, которые предшествуют её применению в реальных условиях. Априорное оценивание эффективности АС АКУЧС становится возможным, если известны соотношения, которые связывают характеристики системы с выходными эффектами её целевого применения.

Экономическая целесообразность автоматизации системы антикризисного управления определяется комплексной оценкой социально-экономической эффективности мероприятий по её созданию и внедрению.

Оценка социально-экономической эффективности варианта автоматизации системы антикризисного управления (величина экономического эффекта) определяется как разность величины предотвращенного ущерба, благодаря проведению автоматизации деятельности, и суммарных затрат на реализацию мероприятий по созданию (развертыванию (модернизации), обучению персонала и т.д.) и владению за рассматриваемый период времени АС АКУЧС.

В качестве показателя экономической эффективности АС АКУЧС принимается величина *предотвращённого ущерба* за счёт проведения автоматизации, определяемого на основании уменьшения величины безвозвратных и санитарных потерь населения (гибели и пострадавших) и величины материального ущерба в результате происшествий и чрезвычайных ситуаций.

Предлагается следующий алгоритм проведения технико-экономического обоснования:

- выделяется базовый элемент инфраструктуры (базовое оборудование и программное обеспечение), который обеспечивает работу остальных элементов, определяющих функциональность автоматизированной системы антикризисного управления;

- инфраструктура автоматизированной системы антикризисного управления разбивается на определяющие её функциональность специализированные элементы (отдельные подсистемы, функциональные объекты и прочие более мелкие фрагменты), характеризующиеся функциональной завершенностью, для которых возможно численно определить относительные либо абсолютные стоимость и вклад в достижение целей автоматизации (либо указанные параметры возможно определить для частных комплексов элементов);

- определяется стоимость базового элемента инфраструктуры как функция от перечня специализированных элементов;

- определяется взаимозависимость и стоимости специализированных элементов (частных комплексов элементов);

- определяется вклад в достижение целей автоматизации каждого из специализированных элементов (частных комплексов элементов).

Далее с учётом стоимости владения автоматизированной системой, оценки социально-экономической эффективности функционирования системы, индексов-дефляторов и прочих необходимых для проведения технико-экономических расчётов показателей проводится собственно оценка эффективности создания (модернизации) автоматизированной системы антикризисного управления.

Определение относительных или абсолютных стоимостей элементов автоматизированной системы возможно проводить расчётным методом, с помощью экспертных оценок, в сравнении с аналогичными проектами и т.д. Оценку социально-экономической эффективности функционирования автоматизированной системы антикризисного управления возможно провести на основании подходов, описанных в [4] в части Системы-112.

В качестве основного допущения при описанной оценке социально-экономической эффективности необходимо указать предположение об отсутствии иных, кроме собственно автоматизации системы антикризисного управления, факторов, влияющих на оценку целесообразности автоматизации по практическим результатам.

В случае необходимости, например, когда определяемые существенной территорией охвата системы условия создания и функционирования значительно различаются на отдельных участках (например, для АС АКУЧС федерального уровня), оценка социально-экономической эффективности, величины предотвращенного ущерба и затрат на реализацию мероприятий по созданию и владению АС АКУЧС проводится отдельно на выделяемых удобным для расчёта образцах участков территории (характеризуемых одинаковыми в границах участка параметрами, влияющими на расчёт) и затем суммируется для получения оценок для территории обслуживания системы в целом.

При необходимости аналогичным способом можно оценивать социально-экономическую эффективность модернизации АС АКУЧС. При этом для её оценки предлагается использовать определение прогнозируемого изменения эффективности АС АКУЧС в результате проведения модернизации как суммы вкладов непересекающихся отдельных подсистем, функциональных комплексов и задач специального программного обеспечения вкуче с соответствующим оборудованием в соответствии с подходами, описанными в [5].

Таким образом, предлагается обоснование выбора рационального варианта (обладающего рациональной структурой) автоматизированной системы антикризисного управления федерального и регионального уровней в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера осуществлять в описанной последовательности с помощью топологического анализа структуры АС АКУЧС для определения устойчивости системы, методики оценки качества и методики оценки социально-экономической эффективности системы.

### Литература

1. **ГОСТ 24.702-85.** Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения.
2. **ГОСТ 34.003-90.** Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.
3. **ГОСТ ISO 9000-2011.** Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
4. **Качанов С.А., Агеев С.В., Могильников С.А., Ковтун О.Б., Грачев В.Л., Романов А.С.** Методические подходы обоснования создания системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру "112" в Российской Федерации // Технологии гражданской безопасности. 2011. Т. 8. № 4. С. 10-14.
5. **Агеев С.В., Грачев В.Л., Ковтун О.Б.** Подходы к технико-экономическому обоснованию модернизации информационно-коммуникационной инфраструктуры Системы-112 // Технологии гражданской безопасности. 2013. Т. 10. № 4. С. 22-27.