

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

В. И. Кашников

Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище

В статье рассматривается новая методика оценки экологической устойчивости природно-техногенных систем, с учетом их иерархичности. Проведен анализ взаимодействия компонентов, входящих в рассматриваемые системы.

Объектом оценки устойчивости и анализа опасностей в геосистемах при естественном (равновесном) состоянии является объекты системы «социум - техника - геосистема (СТГ)», в которой в единый комплекс, предназначенный для выполнения определенных функций, объединены человек, техника, включающая транспорт, технические объекты, технологические процессы и сама геосистема, взаимодействующие друг с другом. Основными компонентами такой системы являются человек, техника, среда, а сложные процессы, происходящие между основными компонентами, нуждаются в управлении [6, 7, 8].

Из принципа иерархичности управления следует, что система СТГ является многоуровневой,

а при переходе от одного уровня к другому компоненты системы СТГ должны претерпевать изменения. Иерархия делит людей на «человека», который формулирует задачу, организует, управляет, и «человека», который с техникой образует компонент «машина», осуществлявший замысел управления. То есть, человек системы СТГ более высокого уровня (рис. 1) рассматривает людей и технику системы СТГ более низкого уровня как единый компонент – своеобразную социотехнику, предназначенную для выполнения определенных функций.

В компонент «геосистема» в общем случае могут входить люди, не входящие в подсистему «социум - техника», с искусственной средой их

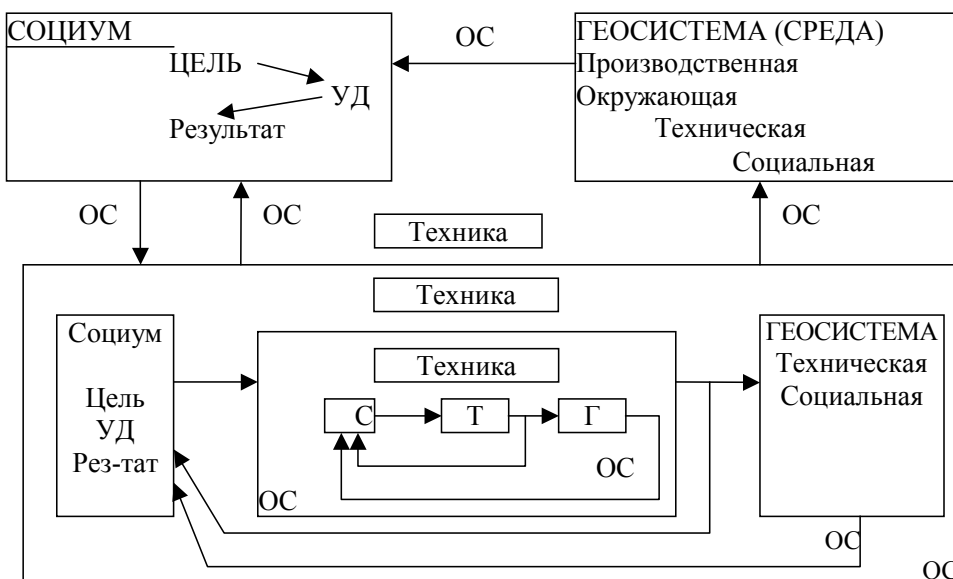


Рис. 1. Схематичное изображение системы СТГ: С – социум, Т – техника, Г – геосистема, ОС – обратная связь, УД – управляющие действия

жизнедеятельности, производственная среда (техническая, социальная и т. д.), геосистема (например, часть «чистой» природы – естественной среды обитания человека).

Кроме уровней и компонентов в системе СТГ при естественном состоянии геосистемы целесообразно выделить его отдельные стадии жизненного цикла. Для простоты можно ограничиться следующими из них: стадия проектирования, когда определяются задачи, формируются требования, рассчитываются параметры, разрабатываются чертежи; стадия создания, когда в процессе изготовления или производства концепция и конструкция начинают воплощаться в жизнь; стадия эксплуатации, когда система СТГ осуществляет возложенные на нее рабочие функции и затем ликвидируется [1, 2]. Взаимодействие компонентов, входящих в систему СТГ, может быть естественным – штатным и катастрофическим или чрезвычайным – нештатным (н-чепе) в виде нежелательных событий, нарушающих обычный ход вещей и происходящих в относительно короткий отрезок времени [3, 4].

Анализ опасностей делает предсказуемыми перечисленные выше чепе и, следовательно, их

можно предотвратить соответствующими мерами. Поиск причин чепе в конечном счете приводит к анализу системы управления опасностями геосистем. На разных стадиях жизненного цикла системы СТГ функциональные модели системы управления опасностями (СУО) могут состоять из разных элементов, при этом обязательным является наличие информационной системы, обратных связей и алгоритма функционирования. Таким образом, с точки зрения анализа устойчивости и управления опасностями необходимо рассматривать и анализировать структурные элементы системы СТГ, показанные на рис. 2.

На рис. 2 компонент «социум», выбирая цель, создает управляющие действия, которые оказывают влияние на компоненты «техника» и «геосистема». Результат этих действий анализируется информационной системой управления устойчивостью и опасностями (УИО), которая производит отбор и обработку информации, а также предлагает варианты возможных решений при обнаружении отклонений в работе системы. В качестве управляющего действия рассматривается также программа управления устойчивостью и опасностями (ПУО), которая включает в себя такие состав-

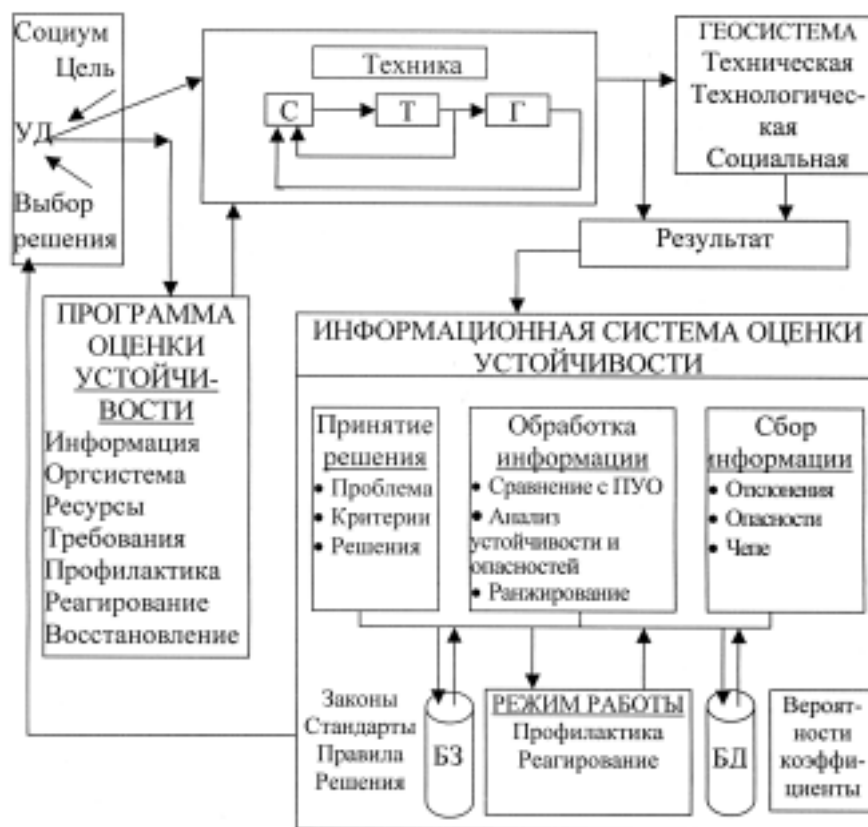


Рис. 2. Структурные элементы системы управления устойчивостью и опасностями на стадии эксплуатации геосистемы

ляющие, как: информацию, обрабатываемую менеджментом в сфере безопасности; технические требования (например, стандарты), заложенные в ПУО; организационные и информационные моменты, а также наличие ресурсов для выполнения задач, поставленных ПУО. Кроме этого программа включает системы профилактики - готовности, реагирования и восстановления [5, 8].

Наличие обратных связей и информационной системы позволяет осуществлять сбор данных по отклонениям, отказам, чепе и т. д., проводить анализ УИО и их ранжирование, сравнивать результаты функционирования системы СТГ с программой управления УИО, принимать решения и выбирать и осуществлять управляющие действия. В производственной системе СТГ (С СТГ) информационные функции, в частности, выполняют: рапорты инспекторов, акты расследования чепе, протоколы аттестации рабочих мест, инструкции по безопасности и т. д. За счет обратных связей

обеспечивается устойчивость функционирования СУО и ее развитие при наличии положительных обратных связей.

Как сказано выше, СУО в общем случае работает в разных режимах и ее важным элементом является алгоритм функционирования, который вместе с некоторыми компонентами СУО можно представить так, как показано на рис. 3.

Отметим, что режим работы СУО зависит от типов чепе, происходящих в системе СТГ. При режимных чепе система СТГ функционирует штатно и работа СУО не выходит за рамки режима профилактики и готовности (рис. 3).

При проектных и запроектных чепе система СТГ функционирует за пределами штатного режима, а СУО работает в режиме реагирования и восстановления. Если имеют место *проектные чепе*, то исполняются *некоторые* элементы режима реагирования и режима восстановления (рис. 3), а

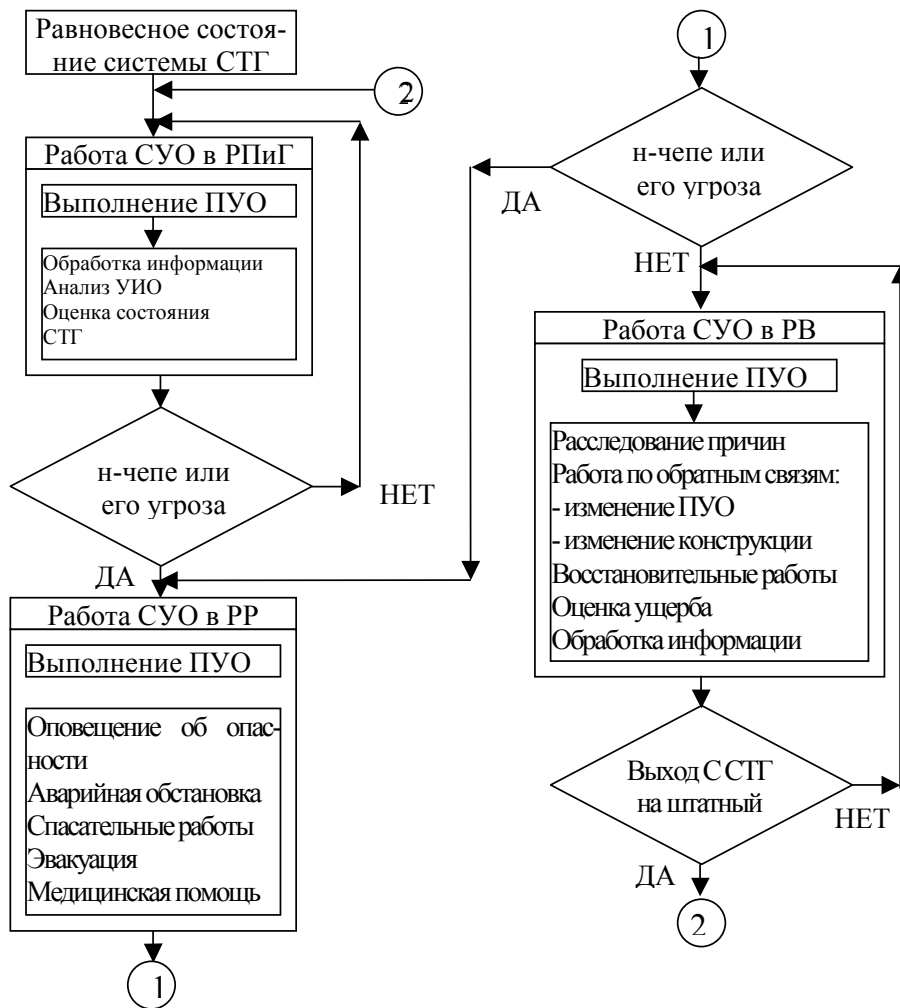


Рис. 3. Алгоритм функционирования системы управления опасностями (СУО – система управления опасностями, РПиГ – режим профилактики и готовности, ПУО – программа управления опасностями, РР – режим реагирования, РВ – режим восстановления)

при *запроектных чепе* – практически все элементы, заложенные в эти подсистемы.

Анализ УИО описывает их качественно и количественно и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Он базируется на знании алгебры логики и событий, теории вероятностей, статистическом анализе, требует инженерных знаний и системного подхода.

Анализ устойчивости и опасностей позволяет определить источники опасностей, потенциальные н-чепе, чепе-инициаторы, последовательности развития событий, вероятности чепе, величину риска, величину последствий, пути предотвращения чепе и смягчения последствий

На практике анализ опасностей начинают с грубого исследования, позволяющего идентифицировать в основном источники опасностей. Затем при необходимости исследования могут быть углублены и может быть проведен детальный качественный анализ. Выбор того или иного качественного метода анализа зависит от преследуемой цели, предназначения объекта и его сложности. Установление логических связей необходимо для расчета вероятностей чепе.

Методы расчета вероятностей и статистический анализ являются составными частями количественного анализа опасностей. Когда удается оценить ущерб, то можно провести численный анализ риска. При анализе опасностей всегда принимают во внимание используемые материалы, рабочие параметры системы, наличие и состояние контрольно-измерительных средств. Исследование заканчивают предложениями по минимизации или предотвращению опасностей. Главные этапы анализа опасностей показаны на рис. 4.

Качественные методы анализа опасностей включают: предварительный анализ опасностей, анализ последствий отказов, анализ опасностей с помощью дерева причин, анализ опасностей с помощью дерева последствий, анализ опасностей методом потенциальных отклонений, анализ ошибок персонала, причинно-следственный анализ [9].

Предварительный анализ опасностей (ПАО) обычно осуществляют в следующем порядке:

- изучают технические характеристики объекта, системы, процесса, а также используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы, устанавливая их повреждающие свойства;
- устанавливают законы, стандарты, правила, действия которых распространяются на данный технический объект, систему, процесс;

– проверяют техническую документацию на ее соответствие законам, правилам, принципам и нормам стандартов безопасности;

– составляют перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей (системы, подсистемы, компоненты), повреждающие факторы, потенциальные чепе, выявленные недостатки.

При проведении ПАО особое внимание уделяют наличию взрывопожароопасных и токсичных веществ, выявлению компонентов объекта, в которых возможно их присутствие, от неконтролируемых реакций и при превышении давления. После того как выявлены крупные системы технического объекта, которые являются источниками опасности, их можно рассмотреть отдельно и более детально исследовать с помощью других методов анализа, описанных ниже.

Анализ последствий отказов (АПО) – преимущественно качественный метод идентификации

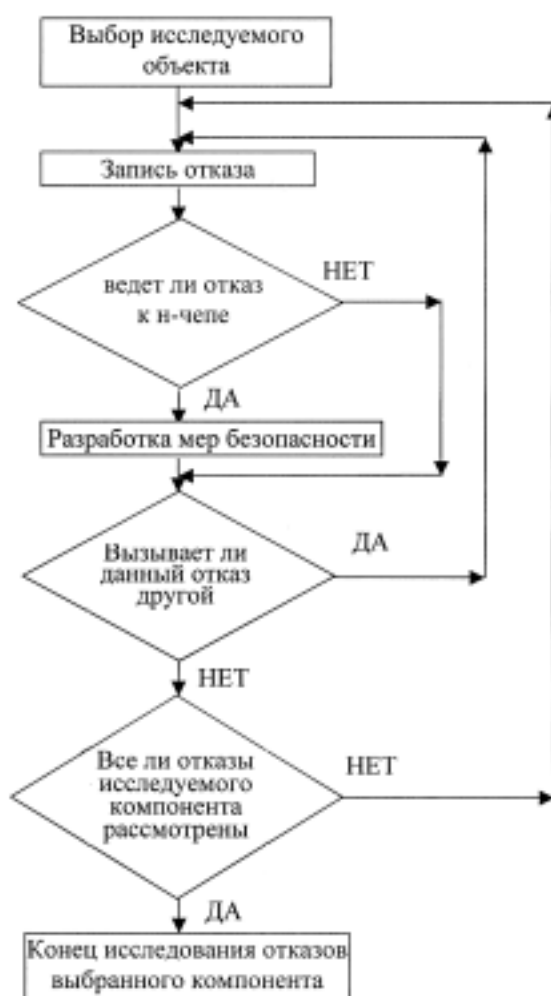


Рис. 4. Алгоритм анализа опасностей методом потенциальных отклонений потенциальным чепе

опасностей, основанный на системном подходе и имеющий характер прогноза. Этим методом можно оценить опасный потенциал любого технического объекта. АПО обычно осуществляют в следующем порядке: 1) техническую систему (объект) подразделяют на компоненты; 2) для каждого компонента выявляют возможные отказы, используя, например, алгоритм (рис. 4); 3) изучают потенциальные чепе, которые может вызвать тот или иной отказ на исследуемом техническом объекте; 4) результаты записывают в виде таблицы; 5) отказы ранжируют по опасностям и разрабатывают предупредительные меры, включая конструкционные изменения.

Анализ последствий отказов может выявить необходимость применения других, более емких методов идентификации опасностей. Кроме того, в результате анализа отказов могут быть собраны и документально оформлены данные о частоте отказов, необходимые для количественной оценки уровня опасностей рассматриваемого технического объекта.

Анализ опасностей методом потенциальных отклонений (МПО): отклонение – режим функционирования какого-либо объекта, системы, процесса или какой-либо их части (компонента), отличающийся в той или иной мере от конструкторского предназначения (замысла). Данный метод представляет собой процедуру искусственного создания отклонений с помощью ключевых слов. МПО обычно предшествует ПАО.

После того как с помощью ПАО были установлены источники опасностей (системы, чепе), необходимо выявить те отклонения, которые могут привести к этим чепе. Для этого разбивают технологический процесс или герметичную систему на составные части и, создавая с помощью ключевых

слов отклонения, систематично изучают их потенциальные причины и те последствия, к которым они могут привести на практике. Для проведения анализа необходимо иметь: проектную документацию на стадии проектирования; алгоритм анализа; набор ключевых слов, с помощью которых выявляют ненормальный режим работы компонента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев Ю.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учеб. пособие / Ю.А. Афанасьев, С.А.Фомин. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – Ч. 1. – 208 с.
2. Балацкий О.Ф. Экономика и качество окружающей среды: учеб. пособ. / О.Ф. Балацкий, Л.Г. Мельник, А.Ф. Яковлев. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 189 с.
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности – наука выживания в техносфере / С.В. Белов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М., 1996. – №1. – С. 26-37.
4. Брагинский А.П. Законодательные и экономические пути повышения техногенной безопасности / А.П. Брагинский //Безопасность труда в промышленности. – М., 1996. – №6. – С. 7-8.
5. Бурков В.Н. Экологическая безопасность / В.Н. Бурков, А.В. Щепкин. –М.: ИПУ РАН, 2003. – 92 с.
6. Гарин В.М. Экология для технических вузов: учеб. / В.М. Гарин, И.А. Клепова, В.И. Колесников. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 384 с.
7. Кашников В.И. Влияние антропогенных факторов окружающей среды на здоровье человека (на примере г. Воронежа) / В.И. Кашников, Г.В. Зибров, А.В. Шевалдин // Медицинская экология: II Междунар. науч.-практ. конф.: тез. докл. – Пенза, 2003. – С. 58-61.
8. Руководство по охране окружающей среды в районной планировке / В.В. Владимиров [и др.]. – М.: Стройиздат, 1986. – 160 с.
9. Столл Р.Р. Множества. Логика. Аксиоматические теории / Р.Р. Столл. – М.: Просвещение, 1968. – 231 с.