

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПОДХОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧС

^{1*}Арефьева Е.В., ¹Прус Ю.В., ²Иванов Е.В., ³Кильмаматова К.Н.

¹ ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Москва, e-mail: elaref@mail.ru

²ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», Москва

³ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ, Казань

Аннотация. В данной статье проведен всесторонний анализ различных подходов к оценке устойчивости систем жизнеобеспечения населения. Выполнена типологизация поражающих факторов чрезвычайных ситуаций, которые оказывают существенное влияние на устойчивость системы «грунт-основание сооружения-объект». На основе проведенного анализа предложены конкретные направления для оценки устойчивости систем жизнеобеспечения, что позволит сформировать комплексную систему показателей. Также представлена формальная постановка задачи, что обеспечивает методологическую основу для дальнейших исследований и практических применений в данной области. Дополнительно в статье рассмотрены возможные риски и уязвимости, которые могут возникнуть в системах жизнеобеспечения при воздействии различных поражающих факторов. Авторами предлагаются пути повышения устойчивости данных систем, включая использование современных технологий и материалов, а также разработку и внедрение новых методов мониторинга и контроля состояния объектов. Таким образом, данная статья представляет собой ценный вклад в область обеспечения безопасности и устойчивости систем жизнеобеспечения населения, предоставляя как теоретические основы, так и практические рекомендации для специалистов и исследователей в данной сфере.

Ключевые слова: устойчивость, системы жизнеобеспечения населения, чрезвычайная ситуация, оценка устойчивости, показатель.

PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE FRAMEWORK OF INDICATORS AND METHODS TO EVALUATE THE SUSTAINABILITY OF LIFE-SUPPORT SYSTEMS IN EMERGENCIES

^{1#}Arefyeva E.V., ¹Prus Yu.V., ²Ivanov E.V., ¹Kilmamatova K.N.

¹FSBI VNII GOChS, Moscow, e-mail: elaref@mail.ru,

²Federal State Budgetary Educational Institution "Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia", Moscow

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev», Kazan

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of various approaches to assessing the sustainability of life support systems for the population. It also includes a typology of the damaging factors of emergency situations that have a significant impact on the stability of the "soil-structure-object" system. Based on the analysis, specific directions for assessing the sustainability of life support systems are proposed. These directions will allow us to form a comprehensive system of indicators, which will provide a methodological basis for further research and practical applications in this field. A formal statement of the problem is presented, which outlines the main issues related to the sustainability of life support systems. This statement provides a foundation for future research and development in this area. Additionally, the article discusses potential risks and vulnerabilities that may arise in life support systems due to various damaging factors. Authors propose ways to enhance the stability of these systems through the use of advanced technologies and materials. They also suggest developing and implementing new methods for monitoring and managing the condition of critical infrastructure. Overall, this article makes a significant contribution to the field of life support system safety and sustainability. It provides both theoretical foundations and practical guidance for professionals and researchers working in this area, helping to ensure the well-being of populations around the world. The article was written as part of the research project "Development of scientifically-based models and methods for evaluating the sustainability of life-support systems for the population in emergency situations on the municipal and inter-municipal levels, and planning measures to enhance their sustainability, considering international experience."

Keywords: sustainability, life support systems of the population, emergency, sustainability assessment, indicator.

При оценке устойчивости объектов систем жизнеобеспечения населения важным аспектом является оценка риска угроз природного и техногенного характера на системы жизнеобеспечения.

Для оценки потенциальных и фактических угроз, прежде всего, анализируются данные систем

мониторинга поражающих факторов ЧС природного и техногенного характера, выполняется прогноз развития опасных природных процессов и потенциальных аварий. Источники природных и техногенных поражающих факторов, влияющих на устойчивость зданий и сооружений приведены на рисунке 1.

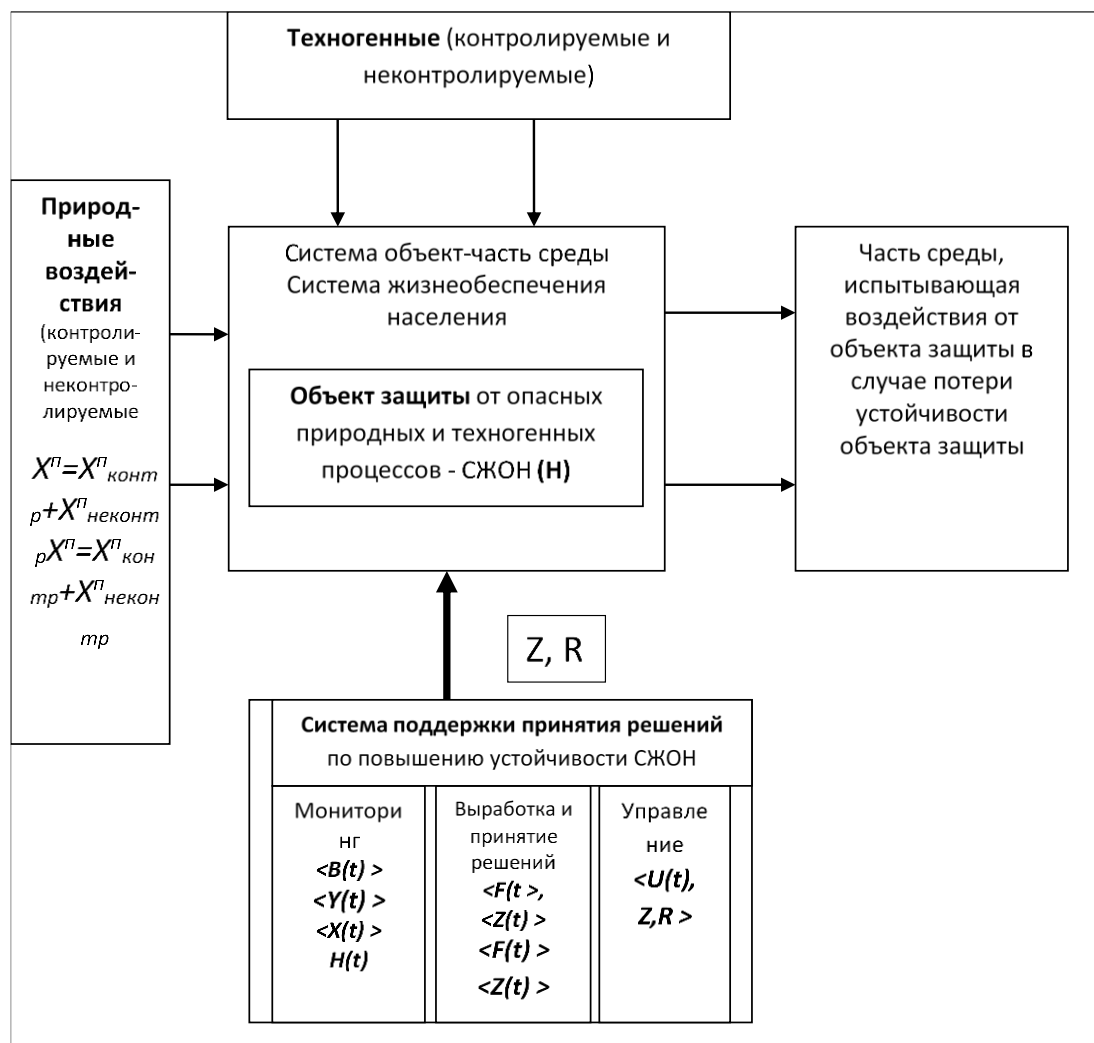


Рисунок 1. Схематическое представление технических и природных воздействий на объект защиты – систему жизнеобеспечения населения

Основные негативные природные или техно-природные процессы, влияющие на устойчивость объектов систем жизнеобеспечения населения (далее – СЖОН) происходят в системе «грунт-основание сооружения-фундамент». Как правило, до 80% аварий и обрушений зданий и сооружений связаны с грунтовыми водами, т.к. подземная гидросфера наиболее подвижная часть геологической среды. Причины и

источники поражающих факторов ЧС природного и техногенного характера подразделяются на первичные и вторичные источники.

К первичным природным источникам поражающих факторов относятся:

- территориальные источники поражающих факторов (сейсмические процессы, наводнения, подтопления, обильные осадки и пр.);

- локальные (приуроченность к местным понижениям рельефа, слабопроницаемые грунты, приводящие к заболачиванию, карстовые процессы и др.).

К первичным техногенным источникам поражающих факторов относятся:

- подпор от искусственных водоемов, засыпки естественных дренажей, аварии на гидротехнических сооружениях;
- строительство новых объектов, приводящее к образованию усиленных потоков грунтовых вод и пр.
- аварии в системах водонесущих коммуникаций и др.

Для выполнения моделирования и построения расчетных моделей по оценке устойчивости объектов СЖОН в общем виде рассмотрим воздействия на объект (детерминированные, предсказуемые и случайные, недетерминированные). Система управления как система поддержки принятия решений для выработки управленческих решений по повышению устойчивости опирается на систему мониторинга и прогнозирования поражающих факторов ЧС природного и техногенного характера, математический аппарат выработки управленческих решений и собственно предложения по мероприятиям для повышения устойчивости.

В соответствии со схемой на рисунке 1 опишем общий подход для формирования расчетных моделей по оценке устойчивости объектов СЖОН.

Все воздействия на объект защиты будем описывать с помощью информационных множеств, определяя природу воздействий (искусственные, естественные), характер проявлений (детерминированный, случайный).

Ситуация на объекте защиты будет записана следующими множествами:

$$\begin{aligned} A &= \langle Z, B, R \rangle \\ B &= \langle Y, F, X, U, E \rangle \\ F &= (X, U, Y, E) \\ E &= E(\alpha, \beta, \chi) \\ Y &= Y(X, E, U) \end{aligned} \quad (1)$$

где:

$\langle A \rangle$ – ситуация на объекте защиты с параметрами о состоянии объекта защиты;

$\langle Z \rangle$ – множество целей и задач управления (безопасного состояния системы СЖОН, цели экологической оптимизации, экономической, технологической, оптимизации по быстродействию и др.);

$\langle B \rangle$ – информационное множество – это вся инженерно-геологическая, гидрогеологическая, техническая информация об объекте защиты в системе «грунт-основание-фундамент» объектов СЖОН;

$\langle U(t) \rangle$ – множество инженерно-технических воздействий на СЖОН (дренажи, противофильтрационные завесы, экраны др.);

$\langle F \rangle$ – функциональные зависимости, формально-логические и математические модели процессов в среде – процесс геофильтрации, процесс растворения карстовых пород грунтовыми водами, процесс диффузии и распространения вредных веществ из шламонакопителей и др. процессы), оптимизационные модели (модели различных оптимизационных задач);

$\langle E(t) \rangle$ – множество воздействий системы инженерной защиты на техноприродную среду, а также возможных аварий в СЖОН;

$\langle Y(t) \rangle$ – множество экспериментальных данных о состоянии природной и техногенной среды;

С помощью инженерно-технических мероприятий можно добиться снижения действия первичных поражающих факторов ЧС и предупредить возникновение и развитие аварии, вплоть до ЧС, для чего должно быть выполнено условие:

$$Y^* < Y_{\text{пред}} < Y_{\text{кр}} , Y^* = Y_{\text{пред}} - \varepsilon \quad (2)$$

где:

$Y_{\text{кр}}$ – критический уровень поражающих факторов ЧС для объекта защиты (определяется для каждого объекта и зависит от материала фундамента, свойств грунтов и др.);

$Y_{\text{пред}}$ – предельно допустимый уровень поражающих факторов ЧС для объекта защиты;

Y^* – оптимальное значение уровня с точки зрения устойчивости;

ε – некоторое допустимое отклонение для оптимального уровня поражающего фактора;

$\langle X(t) \rangle$ - все входные воздействия,

$$X = X_{\text{контр}} + X_{\text{неконтр.}} \quad (3)$$

где:

$X_{\text{контр}}$ – контролируемые входные воздействия (допустимые утечки, инфильтрация атмосферных осадков, потоки технических вод со стороны различных предприятий с «мокрым» технологическим процессом);

$X_{\text{неконтр.}}$ – аварии на различных коммуникациях, аварии на трубопроводах, обильные ливни;

$X_{\text{п}}$ – природные воздействия (контролируемые и неконтролируемые);

$X_{\text{т}}$ – техногенные искусственные воздействия (контролируемые и неконтролируемые:

$$\begin{aligned} X &= X_{\text{п}} + X_{\text{т}} \\ X_{\text{т}} &= X_{\text{тконтр}} + X_{\text{тнеконтр}} \\ X_{\text{п}} &= X_{\text{пконтр}} + X_{\text{пнеконтр}} \end{aligned} \quad (4)$$

$\langle R \rangle$ – ресурсы мониторинга, прогнозирования, управления и регулирования (интеллектуальные, программные, оргтехнические, инженерно-технические, временные, экономические, технологические).

Для построения полей поражающих факторов должна быть создана постоянно действующая ситуационно-оптимизационная модель СЖОН и территории, на которой расположена СЖОН с использованием соответствующих математических моделей процессов, протекающих в среде «грунт-основание-сооружение», критических и предельных значений уровней поражающих факторов, характерных для рассматриваемых объектов СЖОН и территорий.

Модели воздействия поражающих факторов природных и техногенных должны отражать интенсивность воздействия, масштаб воздействия, частоту событий и могут быть описаны: аналитически и численно решены

(математические модели, описывающие динамику воздействий поражающих факторов, коррозию заглубленных сооружений, разрушение заглубленных конструкций в результате действия агрессивной среды, неравномерных осадков грунтов оснований сооружений; математическая модель, описывающая несущую способность грунтов оснований сооружений; и др.); законы распределения (статистические закономерности, сформированные в результате натурных наблюдений).

Интенсивность воздействия поражающих факторов, обусловленных опасными природными процессами может быть охарактеризована с помощью карт комплексной опасности (районирование территории по оползневой, суффозионной, сейсмической опасностям) рассматриваемой территории.

Под интенсивностью воздействия поражающих факторов будем понимать длительное превышение критических значений уровня поражающего фактора, определенных для данного объекта или рассматриваемой территории и воздействие агрессивной среды подземной гидросферы на грунты основания сооружений, на конструкции заглубленных помещений и фундамент элементов СЖОН.

Масштаб воздействия поражающих факторов – это площадь, подверженная потенциальному и фактическому действию поражающего фактора. Определяется на постоянно действующей ситуационно-оптимизационной модели территории с помощью методов моделирования.

Частота событий – количество раз, когда превышение критического уровня происходило в течение 10 дней и более на данной территории.

Для первичных поражающих факторов в качестве очагов воздействия рассматриваются сформировавшиеся очаги действия поражающего фактора. Например, купола подтопления могут возникать в результате аварий, разрывов труб водонесущих коммуникаций, постоянно действующего источника дополнительной инфильтрации. Для очагов

воздействия природных процессов фиксируются следующие характеристики:

- координаты центра очага действия поражающего фактора;
- интенсивность воздействия поражающего фактора (величина превышения критических значений);
- мощность воздействия;
- время (длительность) воздействия.

Для вторичных поражающих факторов в системе «грунт-основание- фундамент» в качестве очагов воздействия будем рассматривать очаги возникновения наведенных процессов, такие как очаги оползневой активности, карстово-суффозионной, очаги просадочных явлений, и последующие техногенные аварии.

Проблема существующих подходов оценки устойчивости состоит в фактическом отсутствии некой системности, которая должна помимо собственных свойств объекта, характеристик окружающей природной среды, получившей некоторые изменения после инициации чрезвычайной ситуации. Такое свойство получило название «эмерджентности», в настоящее время оно учитывается, в том числе и при прогнозировании состояния различного рода городских систем [1-3].

Существенным отличием от ранее рассмотренных подходов должен стать учет такого фактора как время (t), поскольку от длительности воздействия поражающих факторов зачастую зависит устойчивость объектов и системы в целом и свойства систем восстановления (R) [4].

$$k = \langle H; P; Z; R; t \rangle, \quad (5)$$

Для конкретного объекта, при воздействии конкретных поражающих факторов, для заданных систем защиты и времени воздействия формула (5) может быть вполне справедлива, но если речь идет о территории муниципальных образований, то необходимо учитывать структурные связи между объектами (Q), составляющими единую систему.

Кроме того, необходимо учитывать и факторы окружающей природной среды

(E), оказывающие условия на характеристики объекта (H), поражающие факторы (P), параметры системы защиты (Z) и системы восстановления (R).

Таким образом, целесообразным выглядит решение поэтапной оценки устойчивости систем жизнеобеспечения к воздействию чрезвычайных ситуаций на основе следующего алгоритма:

1. Сбор и анализ данных о состоянии объекта СЖОН оценки в виде характеристик (H).

2. Выявление основных опасностей, реализация которых может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций на объектах СЖОН.

3. Оценка параметров окружающей природной среды, оказывающих влияние на состояние устойчивости СЖОН (E) и уточнение степени их влияния на характеристики объекта СЖОН (H), поражающие факторы (P), параметры системы защиты СЖОН (Z) и системы восстановления СЖОН (R).

4. Определение вероятности наступления чрезвычайной ситуации $P(A_i)$.

5. Оценка значений параметров поражающих факторов (P) i-ой чрезвычайной ситуации для объектов инфраструктуры СЖОН, находящихся в пределах зон воздействия.

6. Оценка вероятности наступления чрезвычайной ситуации, инициированной ранее наступившей $P(A_i)$ и определение параметров ее поражающих факторов.

7. Определение временного интервала воздействия (t) поражающих факторов на объект СЖОН.

8. Оценка параметров системы защиты (Z) и системы восстановления (R) объекта СЖОН.

9. Определение значений параметров измененного состояния объекта СЖОН (H') с учетом начальных характеристик объекта СЖОН (H), поражающих факторов (P), параметров системы защиты СЖОН (Z).

10. Сравнение значений параметров измененного состояния объекта СЖОН (H') с характеристиками объектов воздействия, минимально необходимыми для обеспечения функционирования объекта ($H_{уст}$).

11. Определение состояния объекта СЖОН с учетом возможностей систем восстановления (R) на заданный период времени.

12. Оценка состояния множества объектов и инфраструктуры СЖОН, находящихся на территории муниципального образования (городского округа) и имеющих явные и неявные связи между собой.

13. Построение модели оценки влияния на устойчивость территории муниципального образования (городского округа) каждого объекта СЖОН, выявление соответствующих степеней влияния структурных связей (Q).

Представленные показатели могут быть в той или иной степени использованы при формировании комплексных показателей, отражающих каждую из систем жизнеобеспечения населения:

- систем водоснабжения и водоотведения;
- систем энергообеспечения;
- систем теплоснабжения;
- топливного обеспечения;
- обеспечения продовольствием и питьевой водой; жилых зданий;
- жилищно-коммунального хозяйства;
- транспортного обеспечения;
- здравоохранения (медицинского обеспечения);
- систем образования;
- связи и оповещения населения в ЧС.

Показатели оценки устойчивости по каждой системе жизнеобеспечения населения должны отражать управленческие аспекты, устойчивость инженерной инфраструктуры, устойчивость технологических процессов и предоставляемых услуг населению и, собственно, оценку воздействия на персонал и население возможных аварий и ЧС.

Предлагается оценивать устойчивость систем жизнеобеспечения населения по 4 группам параметров:

I Организационно-управленческая сфера (административная)

1. Анализ текущих и будущих рисков.

2. Наличие плана относительно смягчения рисков ЧС и восстановления после ЧС.

3. Наличие коллективного органа в системе управления инфраструктурой в случае ЧС.

4. Контроль и надзор.

II Инженерно-конструктивные решения (физическая основа)

1. Оценка угроз и будущих рисков для состояния конструкций, физического состояния систем.

2. Оценка последствий ЧС, «цепочки отказов».

3. Износ конструкций, физического состояния систем.

4. Системы безопасности и аварийного замещения.

III Технологическая и эксплуатационная сфера (технологические процессы, функционирование систем)

1. Наличие систем безопасности (мониторинг, контроль за функционированием процессов).

2. Наличие резервных источников, в случае ЧС, компенсирующих выход из строя.

3. Оценка перерыва в предоставлении соответствующих услуг.

4. Надзор и контроль за текущими процессами.

IV Персонал и население

1. Системы оповещения персонала и населения в случае ЧС.

2. Оценка риска для персонала и населения.

3. Работа с персоналом и населением по действиям в условиях ЧС.

4. Надзор, контроль, мониторинг выполнения.

Несомненно, в качестве одного из факторов, негативно воздействующих на устойчивость застроенных территорий и объектов критической инфраструктуры следует рассматривать чрезвычайные ситуации, а конкретно, воздействие их поражающих факторов, как неотъемлемой составляющей части неблагоприятного процесса (явления).

Сами поражающие факторы характеризуются физически измеряемыми величинами – параметрами [5], которые

определяют степень воздействия на объект поражающих факторов чрезвычайных ситуаций, а также время их воздействия на объекты.

При этом нельзя рассматривать сами поражающие факторы, как нечто обособленное. Собственно, сам ущерб от чрезвычайных ситуаций определяется как параметрами поражающих факторов, так и свойствами объектов, на которые они оказывают воздействие.

В качестве объекта воздействия поражающих факторов (для объектов техносферы, а точнее для муниципальных образований) выступают:

Объекты капитального строительства, которые можно условно разделить на здания (объемная строительная система, имеющая надземную и (или) подземную части, включающую в себя помещения, сети инженерно-технического обеспечения и системы инженерно-технического обеспечения и предназначенную для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных) и сооружения (объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов) [6].

Объекты некапитального строительства, к которым относятся строения, сооружения, которые не имеют прочной связи с землей и конструктивные характеристики которых позволяют осуществить их перемещение и (или) демонтаж и последующую сборку без несоразмерного ущерба назначению и без изменения основных характеристик строений, сооружений (в том числе киосков, навесов и других подобных строений, сооружений) [7]. Линейные объекты, прежде всего объекты инфраструктуры, такие как линии электропередачи, линии связи (в том числе

линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие подобные сооружения [7].

Потенциальные источники чрезвычайных ситуаций, которые могут реализоваться в виде поражающих факторов при некотором стечении обстоятельств, можно характеризовать как риск чрезвычайной ситуации, определяющийся как мера опасности чрезвычайной ситуации, сочетающая вероятность возникновения чрезвычайной ситуации и ее последствия [8].

Помимо характеристик объектов, вероятности реализации чрезвычайных ситуаций и значений их поражающих факторов для устойчивости важное значение имеет способность объектов воздействия к их восстановлению в исходное состояние. Таким образом, можно заключить, что оценка состояния устойчивости целесообразна по следующим основным составляющим:

1. Вероятность реализации источника потенциальной опасности, оценка риска ЧС.

2. Значения параметров поражающих факторов чрезвычайных ситуаций и время, и масштабы их воздействия на объекты.

3. Собственные характеристики объекта защиты – состояние защищенности объекта воздействия.

4. Возможности систем восстановления по приведению объектов защиты в первоначальное состояние.

Все перечисленные выше составляющие ранее уже изолированно или в некоторых сочетаниях оценивались, однако комплексной оценке не подвергались. По отечественным публикациям в области методов оценки устойчивости объектов систем жизнеобеспечения населения можно кратко обозначить следующие подходы:

Имеется два основных подхода по обеспечению устойчивости СЖОН [9];

- создание систем, которые способны функционировать при наличии локальных повреждений (fail-safe design). Локальные повреждения устраняются путем ремонта и замены;

- создание систем, практически гарантированных от возникновения критических локальных повреждений в течение установленного срока эксплуатации (safe-life design), этот подход реализуется в тех системах, которые невозможно отремонтировать в процессе эксплуатации.

При проведении оценки устойчивости первым способом важным этапом является оценка риска аварий на объектах критической инфраструктуры. Анализ опасностей и оценка риска аварий (далее – анализ риска) на объектах критической инфраструктуры и объектах систем жизнеобеспечения населения (СЖОН) представляет собой специальные научно-технические методы исследования опасностей возникновения, развития и последствий возможных аварий.

Процедура анализа риска может включать планирование работ, идентификацию опасностей аварий, оценку риска аварий, установление степени опасности возможных аварий, а также разработку и своевременную корректировку мероприятий по снижению риска аварий.

Анализ риска рекомендуется проводить при разработке проектной документации на строительство или реконструкцию СЖОН; документации на техническое перевооружение, капитальный ремонт, консервацию и ликвидацию СЖОН; при необходимости, декларации промышленной безопасности СЖОН; обоснования безопасности СЖОН; плана мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на СЖОН; плана мероприятий по снижению риска аварий и других документов в составе документационного обеспечения систем управления и аудита промышленной безопасности.

Составной частью анализа риска является оценка риска аварии, состоящая в определении соответствующих качественных и (или) количественных показателей, учитывающих возможность и тяжесть последствий рассматриваемых

негативных событий. Поражающими факторами аварии являются физические процессы и явления, возникающие при разрушении сооружений и (или) технических устройств, применяемых на СЖОН, неконтролируемых взрыве и (или) выбросе опасных веществ и определяющие термическое, барическое и иное энергетическое воздействие или токсическое, поражающее человека, имущество и окружающую среду.

Под качественной оценкой риска аварии на объектах СЖОН рекомендуется понимать качественные характеристики и признаки возможности возникновения и соответствующей тяжести последствий реализации аварии для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды. Под количественной оценкой риска аварии (или количественным анализом риска аварии) понимается процесс расчета показателей риска.

При проведении анализа риска аварий рекомендуется последовательно выполнять этапы, указанные на рисунке 2.

При этом под идентификацией опасностей понимается выявление источников возникновения аварий и определение соответствующих им типовых сценариев аварии, а состав и комплектность этапов рекомендуется уточнять в зависимости от конкретизации задач анализа риска аварий

Из множества существующих методов в процессе оценки и анализа рисков выбираются наиболее эффективные, на основе рекомендаций руководящих документов и стандартов [10,11] по применимости этих методов для решения задач оценки и управления рисками, и, в целом управления устойчивостью. Отдельные характеристики рисков можно оценивать на основе статистического анализа данных, но при отсутствии необходимой статистической информации могут применяться и иные методы, в частности – сценарные, а также экспертные (таблица 1).

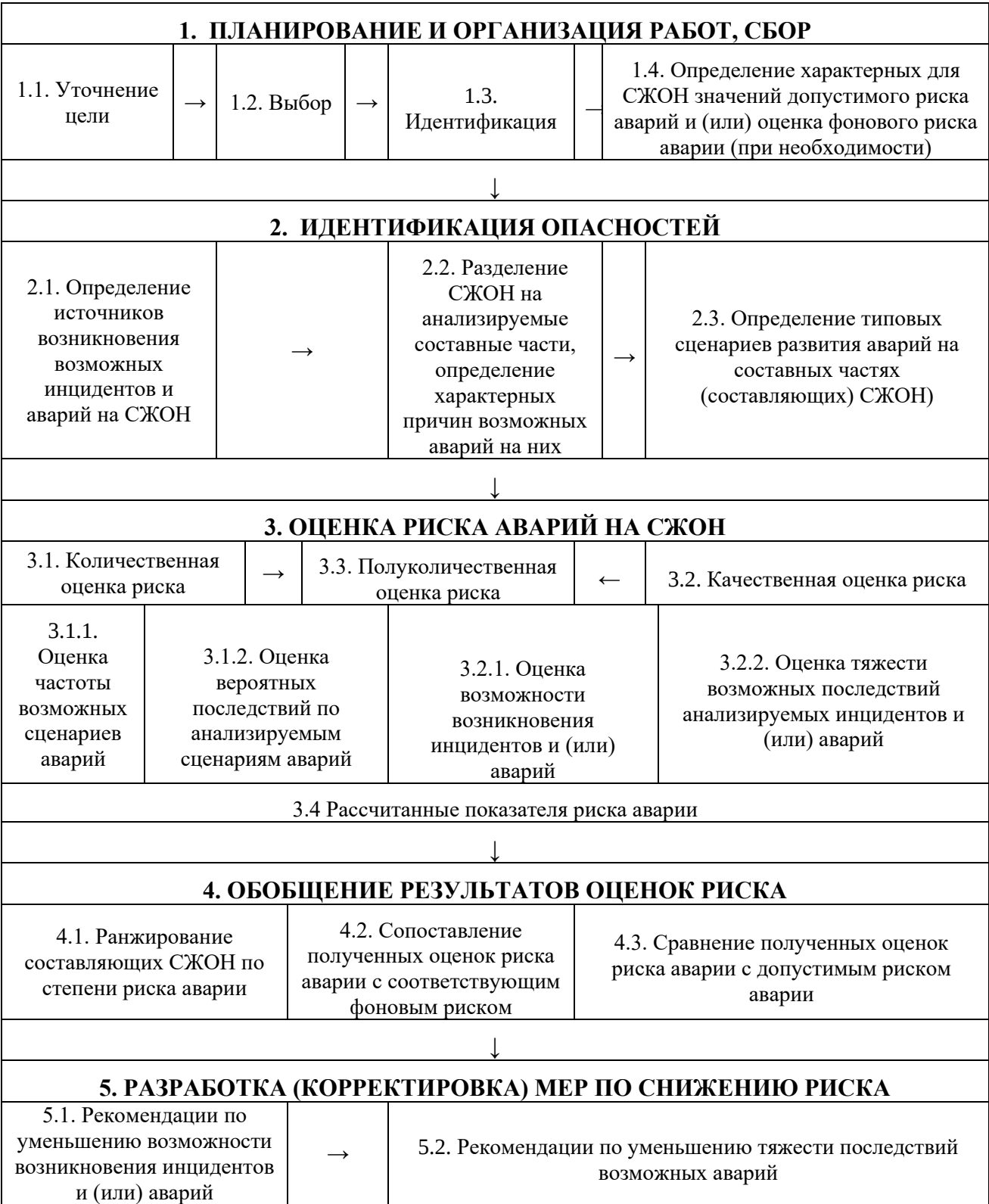


Рисунок 2. Общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на СЖОН

Таблица 1. Методы оценки риска и характеристики их применимости

SA - строго применим | NA - не применим | A - применим

Рекомендации по выбору методов анализа риска аварий для различных видов деятельности и основных стадий жизненного цикла СЖОН представлены в Руководстве по безопасности "Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" [12]. Методы

анализа риска могут применяться отдельно или в различной комбинации, причем методы качественного анализа риска аварий могут включать количественные критерии риска аварий (в основном полученные по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы "частота – тяжесть последствий").

Таблица 2. Рекомендации по выбору методов анализа риска аварий

Метод	Стадии жизненного цикла СЖОН				
	Размещение	Проектирование	Ввод/вывод из эксплуатации	Эксплуатация	Консервация
Проверочный лист	+	+	+	++	+
Что будет, если...?	0	+	++	++	+
Идентификация опасностей	++	+	0	0	0
Анализ опасностей и работоспособности	+	++	+	+	0
Анализ видов и последствий отказов	+	++	+	+	0
Анализ деревьев отказов	0	++	+	+	0
Анализ деревьев отказов	0	++	+	+	0
"0" - наименее подходящий "+" - рекомендуемый "++" - наиболее подходящий					

Таким образом, на основе анализа различных источников были сформулированы предложения по формированию показателей, характеризующих состояние систем жизнеобеспечения населения в условиях ЧС, для каждой системы разработаны паспорта оценочных показателей; систематизированы международные и национальные подходы в области оценки устойчивости в чрезвычайных ситуациях на основе классификации систем жизнеобеспечения населения, а также имеющийся инструментарий оценки техногенных

аварий, оценок последствий ЧС, которые представлены, в том числе в международном инструментарии по снижению риска бедствий [13]; были сформулированы предложения по разработке комплексных моделей и методов оценки устойчивости систем жизнеобеспечения населения в условиях ЧС муниципального и межмуниципального уровня в Российской Федерации с учетом международного опыта; кроме того, отмечена важность понимания терминов и определений в области оценки устойчивости систем жизнеобеспечения населения [14].

Литература:

1. Аухадеев А.Э. Литвиненко Р.С., Гатиятов И.З. Проблемы управления развитием транспортной системы современного города // Евразийский союз ученых. – 2015. – № 6-2(15). – С. 37-39.
2. Шедько Ю.Н. Теория А.А. Богданова (Малиновского) - методологическая основа системности в управлении умным городом // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2023. – № 12-1. – С. 187-190.

3. Lom M., Pribyl O. Smart city model based on systems theory // International Journal of Information Management. 2021. Т. 56. С. 102092.
4. Воскобоев В.Ф., Иванов Е.В., Рыбаков А.В. Структура методики выбора защитных мероприятий объекта промышленности с учетом затрат на их реализацию // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2018. – № 4(39). – С. 72-80.

5. ГОСТ Р 22.0.03-2020 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения».; ГОСТ Р 22.0.05-2020 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения».

6. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

7. Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.02.2024.

8. ГОСТ Р 22.2.06-2016 Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайных ситуаций при разработке паспорта безопасности критически важного объекта и потенциально опасного объекта.

9. Безопасность и защищенность критически важных объектов (т.2), М.: МГОФ «Знание», 2012. - 896 с.

10. ГОСТ Р 58771–2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска».

11. ИЕС 31010:2019 "Risk management - Risk assessment techniques", NEQ.

12. Руководство по безопасности "Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" (утверждено приказом Ростехнадзора от 3.11. 2022 г. № 387.

13. Реализация Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий в

Российской Федерации: Итоги пятилетия / И.Ю. Олтян, Е.В. Арефьева, В.В. Крапухин [и др.]. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2021. – 344 с. – ISBN 978-5-93970-252-2. – EDN JZQGAW.

14. Арефьева, Е.В. Понятие «устойчивость» и «устойчивое развитие» урбанизированных территорий / Е.В. Арефьева, В.В. Крапухин, М.Н. Котосорова // Теория и практика повышения устойчивости урбанизированных территорий в чрезвычайных ситуациях: Сборник материалов международного круглого стола

15. (в рамках проведения XV Международного салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность-2024»), Конгрессно-выставочный центр «Патриот», г. Кубинка, Московская обл., 30 мая 2024 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2024. – С. 193-198. – EDN PHQXNN.

16. Кильмаматова, К. Н. О некоторых проблемах практического применения методов оценки подверженности оползневым процессам / К. Н. Кильмаматова // Безопасность в строительстве : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 24–25 ноября 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 79-85. – EDN RYABNR.

Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Разработка научно-обоснованных моделей и методов оценки устойчивости систем жизнеобеспечения населения в условиях чрезвычайных ситуаций муниципального и межмуниципального уровня и планирования мероприятий по повышению их устойчивости с учетом международного опыта».

Сведения об авторах:

Арефьева Е.В. (г. Москва, Россия), доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник научно-исследовательского центра; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), e-mail: elaref@mail.ru.

Прус Ю.В. (г. Москва, Россия), доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник научно-исследовательского центра; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ).

Иванов Е.В. (г. Москва, Россия), кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций; ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России».

Кильмаматова К.Н. (г. Казань, Россия), ассистент кафедры промышленной и экологической безопасности; ФГБВОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ.

