

УДК 519.8

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

**В.А. Седнев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Академия ГПС МЧС России.**

А.В. Седнев.

**Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет);
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук.**

**В.А. Онов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены основные показатели, характеризующие процессы выполнения задач инженерного обеспечения и действий спасательных формирований.

Ключевые слова: инженерное обеспечение действий, спасательные формирования, критерии эффективности, управление

CRITERIA FOR THE EFFECTIVENESS OF ENGINEERING SUPPORT TASKS FOR RESCUE UNITS

V.A. Sednev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Sednev. Moscow state technical university them. N.E. Bauman (national research university); Institute of machine science of A.A. Blagonravova of the Russian academy of sciences.

V.A. Onov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The main indicators that characterize the processes of performing engineering support tasks and actions of rescue units are considered.

Keywords: engineering support of actions, rescue formations, performance criteria, management

Подготовка, ход и исход действий спасательных формирований, их инженерное обеспечение характеризуются [1] определенными параметрами или показателями. При выполнении задач инженерного обеспечения их действий часто приходится оперировать такими понятиями, как объем задачи, темп выполнения задачи, время, применяемые силы и средства, их состояние и др.

В связи с этим и критерии эффективности должны включать соответствующие показатели, отражающие содержание параметров, характеризующих процессы выполнения задач инженерного обеспечения и действий спасательных формирований.

Остановимся на основных из этих параметров [1, 2]:

– «боеспособность спасательных формирований», «живучесть спасательных формирований», «потери» – наиболее общие и важные показатели, определяющие процесс спасательных и аварийных действий и их исход. Эти параметры могут являться показателями, характеризующими в обобщенном виде эффективность различных задач, в том числе и задач инженерного обеспечения;

– «темпы выполнения задачи» – этот показатель является достаточно общим как применительно к процессу спасательных и аварийных действий в целом, так и к выполнению задач инженерного обеспечения. В связи с этим критерий, характеризующий степень соответствия достигаемого (расчетного) темпа выполнения задачи требуемому, может достаточно полно отражать успех достижения поставленных целей;

– «время выполнения задачи» – фактор времени является одним из важнейших, обуславливающих успех, а, следовательно, и эффективность выполнения задач. Этот показатель в той или иной мере должен учитываться при выборе критериев эффективности инженерного обеспечения спасательных формирований;

– «объем задачи» – этот показатель, как и фактор времени, отражает существенную сторону процесса выполнения задач инженерного обеспечения. Объем задачи может характеризоваться: глубиной задачи, количеством переправляемых людей, техники, других материальных ценностей, количеством возводимых сооружений и т.п. Показатели объемов задач как требуемых, так и выполняемых в определенных условиях за имеющееся время, могут являться важным фактором, характеризующим успех достижения поставленных целей;

– «силы и средства» – эти параметры являются существенными с точки зрения влияния на успех выполнения задач. Они рассматриваются как параметры функции для вычисления показателей эффективности. Целесообразное распределение сил и средств, выбор рациональных способов спасательных и аварийных действий является важнейшей задачей большинства оптимизационных задач и входит в компетенцию лица, принимающего решение;

– «эффективность – стоимость (затраты)». Под затратами в общем плане можно понимать затраты сил, средств, времени, экономические затраты [1–3]. Соотношение «эффективность – стоимость» является важным в вопросах обоснования требований к средствам и системам, применяемым при спасательных и аварийных действиях. Чем выше эффективность, достигаемая на единицу стоимости, тем более рациональным будет и соответствующее решение.

Процесс выполнения задач спасательным формированием подвержен влиянию случайных факторов. Это относится как к параметрам используемых средств, так и к условиям выполнения задач. В связи с этим и критерии эффективности, как правило, носят вероятностный характер.

При этом целесообразно применение следующих характеристик для вычисления показателей эффективности:

– математическое ожидание случайных величин, характеризующих процесс или результат действий (эффект), например, достигаемая очередь инженерного оборудования безопасного района, пункта временного размещения пострадавшего населения за имеющееся время; достигаемый темп подготовки путей, переправы через водную преграду; достигаемая эффективность скрытия и имитации спасательных формирований и объектов;

– вероятности случайных событий, например, вероятность сохранения живучести пункта управления при расчетном воздействии, вероятность сохранения боевого потенциала спасательного формирования, вероятность выполнения задачи за определенное время, вероятность обнаружения объекта и др.;

– математические ожидания случайных величин и вероятности случайных событий как функции времени. В качестве примера можно рассмотреть: зависимости вероятности обнаружения (необнаружения) объектов, живучести спасательных формирований, объема выполняемой задачи и других от времени.

Ввиду сложности и многофакторности инженерного обеспечения для его оценки применяются [1] главные (обобщенные) и частные (дополнительные) критерии эффективности.

Главные или обобщенные критерии должны отражать наиболее существенные стороны процесса подготовки и ведения спасательных и аварийных действий, конечный результат влияния инженерного обеспечения на действия спасательных формирований.

К таким критериям можно отнести: сохранение боевого потенциала спасательного формирования (обобщенной числовой характеристики его возможностей, изменение темпа выдвижения, маневра и т.п.).

К числу частных или дополнительных критериев можно отнести время задержки спасательных формирований, уменьшение (увеличение) их потерь, изменение возможностей средств и др.

Количественно степень влияния инженерного обеспечения как подсистемы действий спасательного формирования на сохранение боевого потенциала или темп выполнения задачи следует оценивать приращением соответствующих показателей. Такой критерий характеризует «вклад» инженерного обеспечения в достижение конечного результата, определяющего выполнение задач. Исходя из этого, задачи инженерного обеспечения по влиянию на боевой потенциал можно оценивать по формуле [1]:

$$K_{\text{Э}}^{\text{БП}} = \frac{B_n^{(\text{ИО})} - B_n^{(\text{ОИО})}}{B_n^{(0)}}, \quad (1)$$

где $B_n^{(\text{ИО})}$ – боевой потенциал спасательного формирования, вычисленный при условии выполнения задач инженерного обеспечения; $B_n^{(\text{ОИО})}$ – то же, но при условии, что задачи инженерного обеспечения не выполняются; $B_n^{(0)}$ – начальное значение боевого потенциала (без учета возможного воздействия).

Эффективность инженерного обеспечения по влиянию на снижение возможного темпа развития чрезвычайной ситуации (ЧС) предлагается оценивать по зависимости:

$$K_{\text{Э}}^{\text{V}} = \frac{V_n^{(\text{ОИО})} - V_n^{(\text{ИО})}}{V_n^{(\text{ОИО})}} = 1 - \frac{V_n^{(\text{ИО})}}{V_n^{(\text{ОИО})}}. \quad (2)$$

где $V_n^{(\text{ОИО})}$ – возможный темп развития ЧС в предположении, что задачи инженерного обеспечения не выполняются; $V_n^{(\text{ИО})}$ – то же при выполнении задач инженерного обеспечения действий спасательных формирований.

В качестве дополнительного критерия эффективности функционирования системы инженерного обеспечения может быть время задержки темпа развития ЧС на определенных рубежах и др.

Эффективность инженерного обеспечения по влиянию на темп выдвижения спасательных формирований в зону ЧС можно оценить величиной:

$$K_{\text{Э}}^{\text{V}} = \frac{V_C^{(\text{ИО})} - V_C^{(\text{ОИО})}}{V_{\text{mp}}}, \quad (3)$$

где $V_C^{(\text{ИО})}$ – возможный темп выдвижения спасательных формирований в зону ЧС или предполагаемый район выполнения работ при осуществлении инженерного обеспечения; $V_C^{(\text{ОИО})}$ – то же при отсутствии инженерного обеспечения действий спасательных формирований; V_{mp} – планируемый темп в соответствии с решением.

Показатели вида (1–3) определяются применительно к определенным этапам действий спасательных формирований.

Рассмотрим основные соотношения для оценки эффективности задач инженерного обеспечения.

Инженерная разведка. Под эффективностью инженерной разведки понимается степень влияния данных разведки на действия и потери спасательных формирований, рациональное распределение инженерных сил и средств при выполнении задач инженерного обеспечения в условиях конкретной оперативной и инженерной обстановки.

Эффективность инженерной разведки в первую очередь зависит от времени, количества, типов разведанных объектов, места их расположения в соответствующих районах. Количественно эффективность выполнения задачи целесообразно оценивать критериями вида:

$$K_{BЗ} = \frac{Q_{PC}}{Q_{TP}},$$

то есть отношением числа обнаруженных объектов (с учетом их типов) к общему их числу, а эффективность задачи – недопущением потерь спасательных подразделений, более рациональным использованием сил и средств.

Для этого целесообразно использовать соотношения вида (1) и (3).

Инженерное (фортификационное) оборудование районов, занимаемых спасательными формированиями и пострадавшим в ЧС населением. Под эффективностью инженерного (фортификационного) оборудования районов, занимаемых спасательными формированиями и пострадавшим в ЧС населением, понимается степень его влияния на живучесть людей или сохранение боевого потенциала спасательных формирований в условиях конкретной обстановки.

Количественно эффективность инженерного (фортификационного) оборудования по влиянию на живучесть людей или сохранение боевого потенциала спасательных формирований может быть оценена по формуле вида (1) [1]:

$$K_{\Phi O}^{БП} = \frac{B_{П}^{(\Phi O)} - B_{П}^{(O\Phi O)}}{B_{П}^{(0)}},$$

где $B_{П}^{(\Phi O)}$ – живучесть людей или боевой потенциал спасательных формирований при выполнении инженерного (фортификационного) оборудования; $B_{П}^{(O\Phi O)}$ – то же при отсутствии инженерного (фортификационного) оборудования; $B_{П}^{(0)}$ – начальное значение живучести или боевого потенциала. Вычисление величин должно проводиться с учетом выполнения других задач инженерного обеспечения, например, задач скрытия и имитации.

Пример: оценить эффективность инженерного (фортификационного) оборудования безопасного района, пункта временного размещения пострадавшего в ЧС населения, пункта временной дислокации спасательного формирования, при этом живучесть может быть оценена по формуле:

$$B = Q = 1 - P_{об} \cdot P_{пор},$$

где $P_{об}$ – вероятность обнаружения района; $P_{пор}$ – вероятность поражения людей или личного состава при расчетном воздействии.

Пусть для первого варианта $P_{об}=1$, а вероятности поражения при инженерном (фортификационном) оборудовании и без него, соответственно, равны $P_{пор}^{(\Phi O)}=0,2$; $P_{пор}^{(O\Phi O)}=1$. Тогда:

$$K_{\Phi O}^{(1)} = \frac{(1-1 \cdot 0,2) - (1-1 \cdot 1)}{1} = 0,8,$$

то есть приращение живучести на 80 % достигается за счет инженерного (фортификационного) оборудования.

Если при тех же значениях $P_{пор}^{(\Phi O)}$ и $P_{пор}^{(O\Phi O)}$ вероятность обнаружения равна 0,5, то эффективность инженерного (фортификационного) оборудования:

$$K_{\Phi O}^{(2)} = \frac{(1-0,5 \cdot 0,2) - (1-0,5 \cdot 1)}{1} = 0,4,$$

то есть приращение живучести в два раза ниже, чем для первого случая, так как вероятность обнаружения тоже снижается в два раза.

Преодоление разрушений. Под эффективностью инженерного обеспечения преодоления разрушений понимается степень его влияния на темп выдвижения (маневра) спасательных формирований в условиях конкретной обстановки. Количественно эффективность задачи можно оценить по соотношению вида:

$$K_{ПЗ} = \frac{V_C^{(ПЗ)} - V_C^{(ОПЗ)}}{V_{ТР}},$$

где $V_C^{(ПЗ)}$ – расчетный темп выдвижения; $V_C^{(ОПЗ)}$ – темп выдвижения в предположении, что инженерное обеспечение не выполняется; $V_{ТР}$ – требуемый (заданный) темп выдвижения.

В качестве дополнительных критериев эффективности инженерного обеспечения преодоления разрушений могут быть приняты показатели, характеризующие снижение потерь спасательных формирований, времени задержки и др.

Подготовка и содержание путей. Под эффективностью подготовки и содержания путей понимается степень влияния выполняемой задачи на обеспечение темпа выдвижения, маневра и развертывания спасательных формирований в условиях конкретной оперативной и инженерной обстановки.

Количественно эффективность подготовки путей может быть оценена показателем:

$$K_{ПП} = \frac{V_C^{(ПП)} - V_C^{(ОПП)}}{V_{ТР}},$$

где $V_C^{(ПП)}$ – расчетный темп выдвижения спасательных формирований при выполнении задачи; $V_C^{(ОПП)}$ – расчетный темп выдвижения в предположении, что подсистема подготовки путей не функционирует; $V_{ТР}$ – требуемый темп выдвижения (маневра, развертывания).

В качестве дополнительных критериев могут приниматься показатели снижения потерь спасательных формирований и времени их задержки на определенных рубежах, этапах и др.

Инженерное обеспечение переправы через водную преграду. Под эффективностью инженерного обеспечения переправы через водную преграду понимается степень соответствия достигаемого темпа переправы через водную преграду заданному темпу переправы в условиях конкретной обстановки.

Показатель эффективности инженерного обеспечения переправы через водную преграду может быть вычислен по формуле:

$$K_{\Phi} = \frac{V_C^{(ИОФ)} - V_C^{(ОИОФ)}}{V_{ТР}},$$

где $V_C^{(ИОФ)}$ – расчетный темп переправы через водную преграду при его инженерном обеспечении; $V_C^{(ОИОФ)}$ – то же при условии, что инженерное обеспечение переправы через водную преграду не осуществляется; $V_{ТР}$ – заданный темп переправы через водную преграду (преодоления водной преграды).

Если переправа через водную преграду без инженерного обеспечения невозможна, величина $V_C^{(ОИОФ)}$ принимается равной нулю.

В качестве дополнительных критериев эффективности могут быть приняты показатели снижения потерь личного состава спасательных формирований, переправочных средств, живучесть и др.

Создание системы заграждений. Под эффективностью системы заграждений понимается ее влияние на снижение темпа развития ЧС. Количественный показатель эффективности может быть получен по формуле, аналогичной (2):

$$K_{\text{ЭСЗ}} = \frac{V_{\Pi}^{(OCЗ)} - V_{\Pi}^{(CЗ)}}{V_{\Pi}^{(OCЗ)}} = 1 - \frac{V_{\Pi}^{(CЗ)}}{V_{\Pi}^{(OCЗ)}},$$

где $V_n^{(ocз)}$ – возможный темп развития ЧС в предположении, что система заграждений не создается; $V_n^{(cз)}$ – то же при создании системы заграждений.

Дополнительным показателем эффективности системы заграждений может быть время задержки темпа развития ЧС.

Оценку эффективности системы заграждений целесообразно проводить применительно к отдельным рубежам, районам или задачам.

Задача вычисления показателей эффективности инженерного обеспечения требует моделирования процесса спасательных и аварийных действий спасательных формирований с учетом инженерного обеспечения.

Литература

1. Исследование операций: учеб. / Л.А. Егоров [и др.]; под ред. Б.Н. Юркова. М.: Военно-инженерная академия, 1990. 529 с.
2. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Воениздат, 1970. 256 с.
3. Седнев В.А., Седнев А.В. Оценка эффективности применения программно-аппаратных платформ // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2019. № 6. С. 46–52.

References

1. Issledovanie operacij: ucheb. / L.A. Egorov [i dr.]; pod red. B.N. Yurkova. M.: Voennoinzhenernaya akademiya, 1990. 529 s.
2. Chuev Yu.V. Issledovanie operacij v voennom dele. M.: Voenizdat, 1970. 256 s.
3. Sednev V.A., Sednev A.V. Ocenka effektivnosti primeneniya programmno-apparatnyh platform // Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij. 2019. № 6. S. 46–52.

Материал поступил в редакцию 15 июня 2020 г.; принят к публикации 30 сентября 2020 г.