

УДК 614.84

## Эффективные показатели оптимального выбора аварийно-спасательной техники для малообъемных и рассредоточенных объектов

### Effective indicators of the optimal selection of rescue equipment for small and dispersed objects

**С.Н. Масаев<sup>1</sup>,**  
канд.тех.наук,  
**А.Н. Минкин<sup>1,2</sup>,**  
канд.тех.наук, доцент,  
**Д.А. Едимичев<sup>1</sup>,**  
канд.тех.наук

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Сибирский  
федеральный университет,  
Институт Нефти и Газа

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Сибирская  
пожарно-спасательная  
академия ГПС МЧС России

**S. N. Masaev<sup>1</sup>,**  
*Ph.D. of Engineering Sciences,*  
**A.N. Minkin<sup>1,2</sup>,**  
*Ph.D. of Engineering Sciences,*  
*assistant professor,*

**D.A. Edimichev<sup>1</sup>,**  
*Ph.D. of Engineering Sciences*  
<sup>1</sup>FSAEI HE Siberian Federal  
University, Oil and gas institute,  
department on fire safety,

<sup>2</sup>FSBEE HE Siberian Fire and  
Rescue Academy EMERCOM of  
Russia

#### Аннотация:

Статья посвящена определению рациональных решений выбора аварийно-спасательной техники для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ на малообъемных и рассредоточенных объектах, с использованием методов математического программирования. Определяются критерии эффективности эксплуатации АСТ (аварийно-спасательная техника) при механизации проводимых АСДНР (аварийно-спасательные и другие неотложные работы), связанных с реализацией мероприятий по минимизации временных и материальных затрат на их осуществление. Обсуждаются научные и практические задачи, направленные на повышение эффективности механизации при проведении АСДНР. Предлагаются различные технологии проведения АСДНР с использованием средств механизации в зависимости от удельных приведенных затрат. Рассматриваются численные методы решения многомерных экстремальных задач: метод перебора вариантов, метод линейного программирования, метод нелинейного программирования, метод стохастического программирования. Формируются показатели эффективности использования аварийно-спасательной техники. Приводится системный подход, сформированный из двух этапов принципа области поиска. Отображена модель продолжительности времени операций технологических процессов аварийно-спасательной техники. Для матрицы выигрышей определяется поведение участника А функцией максимина, а для участника Б принципом минимакса. Определено, что наиболее вероятны четыре типовые ситуации использования аварийно-спасательной техники в различных климатических условиях с различными характеристиками погрузочного материала и дальностью погрузки.

**Ключевые слова:** авария, техника, объект, спасение, эффективность, оптимальный, методы.

#### Abstract:

The article is devoted to the definition of rational decisions on the choice of emergency rescue equipment for carrying out rescue and other urgent work on low-volume and dispersed objects using the methods of mathematical programming. The criteria for the efficiency of RT (rescue technique) operation during the mechanization of ER (Emergency Restoration) related to the implementation of measures to minimize the time and material costs of their implementation are determined. The scientific and practical tasks aimed at increasing the efficiency of mechanization during the ER are discussed. Various technologies for conducting ER using mechanization methods are proposed depending on the specific reduced costs. We consider numerical methods for solving multidimensional extremal problems: a

method of enumerating variants, a linear programming method, a nonlinear programming method, a stochastic programming method. Formed indicators of the effectiveness of rescue equipment. A systematic approach, formed from two stages of the search domain principle, is given. A model of the duration of the time of the technological processes of emergency rescue equipment is displayed. For the payoff matrix, the behavior of participant A is determined by the maximin function, and for participant B, the minimax principle. It is determined that four typical situations of using rescue equipment in different climatic conditions with different characteristics of the loading material and the loading range are most likely.

**Key words:** accident, technique, object, rescue, efficiency, optimal, methods

## Введение

Выбор оптимального варианта аварийно-спасательной техники (далее - АСТ) для комплексной механизации аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее - АСДНР), позволяющий успешно решать первоочередную задачу, требующую минимальных временных затрат для оказания помощи и спасения жизни пострадавших людей, находящихся под обломками объектов, или предотвращения возможного развития ЧС (возникновения новых очагов пожаров, взрывов и разрушений и т.п.), является неизменно актуальным [1-10].

В современных условиях проведения АСДНР все шире используются высокопроизводительная, мобильная, маневренная, многоцелевая АСТ с набором сменяемых рабочих органов различного назначения, что делает приоритетным:

- совершенствование организации АСДНР на основе использования компьютерных управленческих технологий;
- разработку методов оптимального проведения АСДНР, с рекомендациями по использованию АСТ для условий, где она дает наибольший эффект.

Перечисленные выше направления связаны с интенсификацией существующих или разработкой новых методов оптимального использования АСТ. Широкий перечень специальной техники различного типа, размера и назначения привлекаемой к проведению АСДНР требует определения критерия эффективности эксплуатации АСТ. Важно выработать обоснованные рекомендации по оптимальному использованию АСТ, в зависимости от условий ее эксплуатации [6,11,12].

Цель работы: определить решение рационального выбора АСТ для проведения АСДНР на малообъемных и рассредоточенных объектах, через определение критерия эффективности эксплуатации АСТ при механизации проводимых АСДНР связанных с реализацией мероприятий по минимизации временных и материальных затрат на их осуществление.

## Материал и методы исследования

Один из методов решения задач, связанный с оптимизацией использования АСТ как специальной или инженерной техники, концептуально основывается на методике анализа продолжительности рабочих операций (минимизация времени рабочих операций) средств механизации для получения конечного результата в зависимости от технико-эксплуатационных параметров объекта и имеющихся экономических ограничений [4]. При разработке системного подхода необходимо использовать принцип деления области поиска на части:

- первый этап - поиск оптимального решения идет по анализу технико-эксплуатационных показателей процесса и, прежде всего, времени рабочих операций;
- второй этап - проводится его технико-экономический анализ.

Продолжительность рабочих операций представляется в виде функции независимых аргументов, характеризующих технико-эксплуатационные параметры процесса, и рассчитывается по методике проф. В.И. Баловнева на основании анализа отношений работы сил сопротивления ( $A_{\text{сопр.}i}$ ), преодолеваемых при выполнении операции, к мощности ( $N_{\text{опер.}i}$ ), которая может быть реализована АСТ (табл. 1) [8,9].

АСТ с последовательным выполнением операций, циклические (подъемно-транспортные, землеройные и др.), характеризуются временем рабочего цикла ( $t_{\text{ц}}$ ), определяемого по формуле:

$$t_{\text{ц}} = K \sum_{i=1}^n \frac{A_{\text{сопр.}i}}{N_{\text{опер.}i}} \rightarrow \min, c. \quad (1)$$

Для АСТ с несколькими исполнительными рабочими органами, которые работают в процессе выполнения всего рабочего цикла, время цикла можно определить по соотношению:

$$t_{\text{ц}} = K \frac{\sum_{i=1}^n A_{\text{сопр.}i}}{\sum_{j=1}^k N_{\text{двиг.}j}} c, \quad (2)$$

где:  $A_{\text{сопр.}i}$  - работа сил сопротивления при выполнении отдельных операций, Нм;  $N_{\text{опер.}j}$  — мощность,

реализуемая АСТ на выполнение отдельной операции, Вт (Нм/с);  $N_{двиг.j}$  - мощность, реализуемая АСТ на передвижение в процессе всего рабочего цикла, Вт;  $K$  - коэффициент, определяемый на основании энергетического баланса системы.

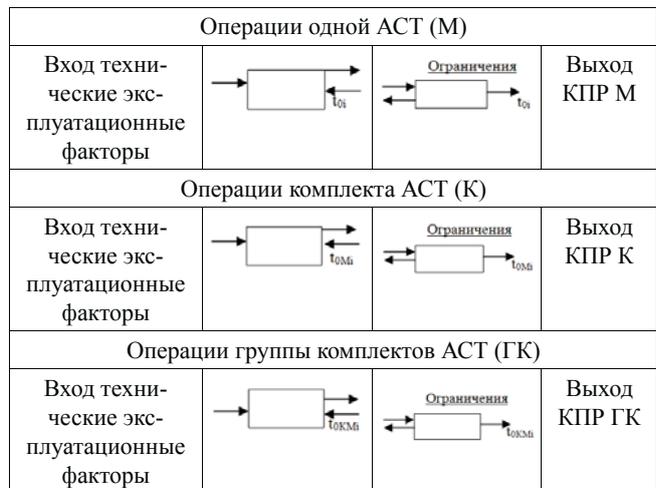
**Таблица 1 Система показателей эффективности АСТ.**

№ п/п	Наименование	Формула	$f(t_{oi})$
1	Время одной операции	$t_i = K \sum_{i=1}^n \frac{A_{сопр.i}}{N_{опер.i}}$	$f(t_i) \rightarrow \min$
2	Время цикла АСТ	$t_{ц} = K \sum_{i=1}^n \frac{A_{сопр.i}}{N_{опер.i}}$ $t_i = K \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_{сопр.i}}{N_{опер.i}}}{\sum_{i=1}^n \frac{A_{сопр.i}}{N_{двиг.i}}}$	$f(t_i) \rightarrow \min$
3	Производительность	$\Pi = \frac{КПП}{t_{ц}}$	$f(t_i) \rightarrow \max$
4	Удельная энергоёмкость	$N_{уд} = \frac{N_i}{\Pi_i}$	$f(t_i) \rightarrow \min$
5	Обобщенный показатель	$\Pi_N = \frac{m_i}{\Pi_i}$	$f(t_i) \rightarrow \min$
6	Прирост производительности за счет оптимизации	$\Delta\Pi = \Pi_{max} - \Pi_{min}, M^3 / ч$	$f(t_i) \rightarrow \max$
7	Ожидаемый эффект	$\Xi_{кон} = C_{уд} \cdot \Delta\Pi \cdot T, руб / см$ при $C = const$	$f(t_i) \rightarrow \max$

Производительность (конструктивная, техническая, эксплуатационная) устанавливается по известной формуле - отношению величины конечного результата к продолжительности рабочего цикла. Влияние надежности на производительность и рабочий цикл учитываются, как принято, умножением технической производительности на соответствующие коэффициенты, учитывающие надежность работы АСТ.

Для более полного учета всех операций процесса работы АСТ составляется системная модель времени, необходимого для выполнения соответствующих процессов для получения результата или его части. Такой методический прием позволяет в полном объеме, установить аналитические связи между главными техническими параметрами АСТ или многоцелевого агрегата и параметрами, характеризующими эксплуатационный фон АСТ (табл. 2) [12].

**Таблица 2 Системная модель продолжительности времени операций технологических процессов АСТ**



Рассмотренные положения позволяют определить общие затраты на механизацию объекта ЧС на основании известных значений стоимости машино-часа  $C_{мч}$  или стоимости единицы получаемого результата, например,  $m^3$  вынутых строительных обломков.

По известной стоимости машино-часа  $C_{мч}$  затраты на использование АСТ на объекте ЧС ( $Z_{мех}$ ) за период до завершения работ определяется по формуле:

$$Z_{мех} = \frac{1}{3600} \cdot C_{мч} \cdot t_{ц} \cdot n_{ц} \cdot T_{ч} \cdot T_{смен}, руб., \quad (3)$$

где  $t_{ц}$  - продолжительность цикла, с, рассчитывается по предложенным аналитическим зависимостям.  $C_{мч}$  - средняя стоимость машино-часа эксплуатации АСТ, руб./ч,  $n_{ц}$  - число рабочих циклов в час, цикл/ч,  $T_{ч}$  - число часов работы АСТ в смену, ч/см,  $T_{смен}$  - число смен работы АСТ на объекте ЧС до завершения работ, см, 1/3600 - ч/с - коэффициент перехода от размерности времени цикла час/сек.

Затраты на механизацию АСДНР пропорциональны времени использования АСТ на объекте ЧС. Последнее пропорционально времени цикла. Чем меньше время цикла АСТ, при других неизменных факторах, тем больше производительность АСТ и тем меньше время пребывания АСТ на объекте, и тем меньше затраты на механизацию проведения АСДНР.

Ожидаемый результат от сокращения затрат на механизацию можно определить по формуле:

$$\Delta Z_{мех} = K_{кэ} \cdot Z_{мех}, руб., \quad (4)$$

где  $K_{кэ}$  - коэффициент уменьшения затрат на механизацию:

$$K_{кз} = 1 - \frac{t_{ц, \min}}{t_{ц, \max}}, \quad (5)$$

где  $t_{ц, \min}$  - время рабочего цикла оптимальной АСТ (с большей производительностью), с,  $t_{ц, \max}$  - время рабочего цикла не оптимальной АСТ (с меньшей производительностью), с.

Максимальная стоимость машино-часа новой АСТ не должна превышать величину, определяемую соотношением:

$$C_{мч, нов} = \frac{t_{ц, ст}}{t_{ц, нов}} \cdot C_{мч, ст}, \text{ руб.}, \quad (6)$$

где  $C_{мч, нов}$ ,  $t_{ц, нов}$  - стоимость машино-часа и время рабочего цикла новой АСТ,  $C_{мч, ст}$ ,  $t_{ц, ст}$  - стоимость машино-часа и время рабочего цикла старой АСТ.

Ожидаемый результат можно также оценить по стоимости единицы получаемого результата, например,  $m^3$  собранных строительных обломков. Эффект по стоимости, при неизменной стоимости эксплуатационных затрат  $C_{мч} = \text{const}$ , определяется:

$$\mathcal{E}_{ком} = C_{уд} \cdot \Delta\Pi \cdot T_{смен}, \text{ руб.}, \quad (7)$$

где  $C_{уд}$  - стоимость единицы получаемого результата, руб./ $m^3$ ,  $\Delta\Pi$  - прирост производительности за счет использования оптимальной АСТ,  $m^3/ч$ ,  $T_{смен}$  - число часов работы АСТ в смену, ч/смену.

Точность расчетов, по приведенным выше формулам, должна соответствовать реальным технологическим операциям с рассматриваемыми образцами АСТ. Анализ времени рабочих процессов АСТ, в зависимости от условий эксплуатации, позволяет решить ряд вопросов, связанных с повышением эффективности механизации АСДНР. Некоторые процессы АСТ включают в себя сотни, тысячи и десятки тысяч технологических операций, поэтому для быстрого расчета требуется разработка компьютерной программы для ЭВМ с функциями агрегирования изучаемых процессов и их показателей эффективности. Кроме этого можно воспользоваться известными программами ARIS и BPwin для анализа продолжительности операций (выполняемых работ) и их эффективности.

При выборе методов поиска эффективных средств механизации, на стадии принятия решения о выборе той или иной АСТ, приходится решать весьма сложную задачу - поиск решения, обеспечивающего максимальные значения критериев эффективности ее эксплуатации [10]. Эта задача требует не только четкого представления о критериях эффективности эксплуатации, но и специальных методов оптимизации – многочисленных, разнообраз-

ных, образующих единую теорию экстремальных задач. Анализ наиболее распространенных методов оптимизации позволит принять методологию обоснования эффективных средств механизации работ на малообъемных и рассредоточенных работах.

Методы математического анализа заключаются в дифференцировании функции критерия или критериев эффективности по искомым переменным (т.е. элементам) с последующим приравниваем к нулю производных и решением полученной системы уравнений относительно элементов. Критерии эффективности включают несколько переменных, которые, в свою очередь, зависят от многих факторов.

Трудности дифференцирования целевых функций многих переменных, а также наличие объективных ограничений на области изменения аргументов не позволяют применять классические методы математического анализа и вынуждают использовать иные математические приемы оптимизации.

Численные методы многомерных экстремальных задач при наличии ограничений на области изменения переменных базируются на методах математического программирования [11].

Метод перебора вариантов (слепой поиск), суть которого сводится к сравнению по выбранному критерию эффективности эксплуатации, различающихся сочетанием основных элементов. Для того чтобы не пропустить оптимальное решение, у которого критерий эффективности принимает экстремальное значение, необходимо перебрать все возможные сочетания, что осуществимо лишь при ограниченном числе дискретно изменяемых параметров. Так, если при выборе АСТ допустимо использование трех типов энергетических установок и двух или трех видов ходового оборудования, то общее число возможных сочетаний проектных решений будет равно девяти.

Высокая трудоемкость оптимизации принимаемых решений методом перебора вариантов при количестве изменяемых элементов свыше четырех-пяти обуславливает целесообразность применения специальных математических методов поиска наилучших решений.

Методы линейного программирования предусматривают нахождение экстремума линейных целевых функций при наличии линейных ограничений (равенств или неравенств), связывающих искомые переменные. Основным достижением этого метода является общий признак оптимальности допустимого решения, с помощью которого можно установить, является ли данное допустимое решение оптимальным без его непосредственного сравнения с другими допустимыми решениями.

Однако эти методы имеют ограниченное применение при выполнении технико-экономического анализа в процессе конструирования и используются лишь для решения отдельных частных задач (чаще технологического характера). Причина этого заключается в сложности «укладывания» реальных условий эксплуатации АСТ в рамки линейных ограничений. Наблюдаемые на практике зависимости полезного эффекта и затрат на эксплуатацию АСТ, как правило, нелинейны, что требует использования специальных методов оптимизации [13].

Методы нелинейного программирования используются для решения детерминированных задач, тогда как при выполнении технико-экономического анализа приходится иметь дело в основном со случайными величинами. Переход от вероятных задач к детерминированным заключается, казалось бы, в замене случайных параметров их средними значениями, т.е. соответствующими математическими ожиданиями. Однако, как показывает практика, такой путь не всегда обеспечивает адекватность моделей оптимизации технических решений [13].

Методы стохастического программирования используются для решения задач оптимизации в вероятной постановке или, как говорят, в условиях риска, при всех реализациях случайных параметров. Определение оптимальных решений в условиях риска предполагает известными множество всех возможных значений характеристик внешних условий и законы распределения этих случайных величин. На практике, однако, известными являются лишь возможные варианты условий без какой-либо априорной информации о вероятности их будущей реализации. Подобная ситуация требует использования специального подхода к выбору оптимальных решений в условиях неопределенности [13].

В процессе эксплуатации АСТ неопределенность может иметь различные причины:

- во-первых, отсутствие в момент ее выбора необходимой информации об будущих объемах АСР;
- во-вторых, невозможность надежного предсказания (в том числе вероятного) многих будущих внешних условий и явлений, связанных с осложнением обстановки на объекте ЧС, на основании имеющихся в настоящее время тенденций и закономерностей.

Оптимизация решений в условиях неопределенности базируется на использовании принципов математического аппарата теории стратегических

игр, в отличие от случайных игр, исследуемых с помощью теории вероятностей. Абстрактная модель простейшей игры предполагает наличие двух участников, каждый из которых может по собственному усмотрению выбрать одну из нескольких возможных стратегий поведения. В результате один из участников оказывается в выигрыше, а другой – в проигрыше.

В математической трактовке матрица выигрышей имеет вид [11]:

$$[a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix},$$

где  $a_{ij}$  - размер выигрыша-проигрыша при выборе участником А  $i$ -стратегии, а его партнером Б -  $j$ -стратегии.

Поведение участника А определяется принципом максимина

$$a = \max_i \min_j a_{ij};$$

участника Б – принципом минимакса

$$b = \min_j \max_i a_{ij}.$$

В теории игр величина  $a$  называется нижней ценой игры,  $a - b$  - верхней ценой игры  $a=b$  общее значение нижней и верхней цен называется ценой игры.

Пример использования теории игр для выбора эффективной АСТ для погрузочных работ можно проиллюстрировать на примере автокрана. Предварительный анализ будущих условий эксплуатации показал, что наиболее вероятными являются четыре типовые ситуации, предусматривающие использование АСТ в различных климатических зонах с различными характеристиками погрузочного материала и дальностью погрузки. При этом нет информации, которая позволила бы установить вероятности (или математические ожидания) эксплуатации АСТ в тех или иных типовых ситуациях.

Используя методы определения эффективности, можно найти оптимальные варианты выбора АСТ для каждой типовой ситуации, отличающиеся грузоподъемностью, скоростью, составом оборудования и обеспечивающей удельные приведенные затраты, минимальные для каждого варианта внешних условий, табл. 3.

**Таблица 3 Оптимальные варианты выбора АСТ для каждой типовой ситуации**

Вариант АСТ	Вариант условий будущей эксплуатации	Удельные приведенные затраты
I	I	0,27
II	II	0,3
III	III	0,32
IV	IV	0,35

Полученная информация не позволяет однозначно рекомендовать вариант АСТ для выбора, в силу неопределенности исходных данных. По этой причине следует просчитать эффективность каждого варианта (например, I), в «несвойственных» ему ситуациях (II-IV) будут выше удельных приведенных затрат вариантов, оптимальных для данных условий (в противном случае этот вариант сам бы оказался оптимальным).

Результаты таких расчетов приведены в табл. 4, которая подобна рассмотренной матрице выигрышей, а задача выбора варианта АСТ, в случае неопределенности информации о внешних условиях, может трактоваться как «игра» участника со сложившейся обстановкой на месте ЧС.

**Таблица 4 Матрица выигрышей**

Вариант АСТ	Удельные приведенные затраты для вариантов внешних условий			
	I	II	III	IV
I	0,27	0,45	0,78	0,82
II	0,5	0,3	0,75	0,65
III	0,6	0,9	0,32	0,5
IV	0,95	0,8	0,6	0,35

Так как элементы матрицы в нашем примере соответствуют удельным приведенным затратам, то стратегия должна отвечать принципу минимакса, т.е. принятое им решение должно обеспечивать минимизацию максимально возможных затрат независимо от того, какой вариант внешних условий будет иметь место в будущем (табл. 5).

**Таблица 5 Максимальные значения удельных приведенных затрат**

Вариант АСТ	I	II	III	IV
Удельные приведенные затраты	0,82	0,75	0,9	0,95

Минимальное значение равно 0,75 для II варианта АСТ, который можно рекомендовать для дальнейшей проработки как наилучший.

Если в матрице выигрышей в качестве критерия эффективности вместо приведенных затрат использовать другой показатель, требующий максимизации

(например, прибыль), то при выборе наилучшего решения следует руководствоваться принципом максимина. В процессе проектирования при выполнении технико-экономического анализа минимаксная или максиминная стратегия представляется неоднозначной и может быть заменена другими принципами.

Принцип Байеса-Лапласа, согласно которому возможные варианты внешних условий одинаковой вероятности их осуществления в сумме равны единице. Использование этого принципа предполагает как бы отступление от условий полной неопределенности, хотя сами вероятности назначаются априори и отражают скорее интуицию конструктора, чем объективное значение будущей ситуации. Частным случаем применения принципа Байеса-Лапласа является назначение для каждого варианта внешних условий одинаковой вероятности (принцип равно вероятности).

**Таблица 6 Выбор элементов автокрана значения удельных приведенных затрат**

Вариант АСТ	I	II	III	IV
Удельные приведенные затраты	0,58	0,55	0,58	0,68

Наименьшие затраты достигаются при реализации II варианта АСТ, а, следовательно, рекомендации, полученные с использованием принципа Байеса-Лапласа, для данного примера, совпадают с выводами, сделанными на основе применения принципа минимакса.

Принцип Гурвица (упрощенная форма принципа Байеса-Лапласа), в соответствии с которым оптимальное решение выбирается по средней арифметической двух крайних значений критерия эффективности, соответствующих наиболее и наименее благоприятным состояниям сложившейся обстановки на месте ЧС. Значения критерия Гурвица для рассматриваемых вариантов АСТ приведены в табл. 7. Лучшим по этому критерию оказался II вариант АСТ, который рекомендуется для выбора.

**Таблица 7 Удельные приведенные затраты по средней арифметической двух крайних значений**

Вариант АСТ	Удельные приведенные затраты
I	$(0,27+0,82)/2=0,545$
II	$(0,3+0,75)/2=0,525$
III	$(0,32+0,9)/2=0,61$
IV	$(0,35+0,95)/2=0,65$

## Заключение

В работе рассмотрены методы: дифференцирования, перебора вариантов, линейного программирования, нелинейного программирования, стохастического программирования (теория игр), принцип Байеса-Лапласа (Гурвица), связанных с оптимизацией использования АСТ, через систему показателей эффективности АСТ (табл. 1). Приведенную систему показателей можно охарактеризовать укрупненно как два основных показателя эффективности эксплуатации АСТ при механизации проводимых АСДНР: продолжительность рабочих операций (минимизация времени выполнения рабочих операций) средств механизации в условиях экономических ограничений (затрат).

Особо отметим применение в работе принципов теории принятия решений в условиях риска и неопределенности, когда мы не имеем исходной информации для построения и решения математической модели АСР. Для получения решения рассмотрены типовые ситуации, в которых обозначены: оптимальные варианты выбора АСТ для каждой распространенной ситуации (табл. 3), матрица выигрышей (табл. 4) и максимальные значения удельных приведенных затрат (табл. 5).

В рассмотренном примере наилучшим является II вариант эксплуатации АСТ.

Тогда цель (исследования), поставленная в начале статьи, определить решение рационального выбора АСТ для проведения АСДНР на малообъемных и рассредоточенных объектах, через определение критерия эффективности эксплуатации АСТ при механизации проводимых АСДНР связанных с реализацией мероприятий по минимизации временных и материальных затрат на их осуществление, достигнута.

Однако подобная ситуация – частный случай в практике обоснования рационального решения выбора АСТ для объекта ЧС. В качестве вывода необходимо отметить, что более общей является ситуация, когда различные критерии выбора «подсказывают» разные варианты.

Применение известных методов решения экстремальных задач и возможность использования компьютерного программирования еще не гарантируют успех рационального решения выбора АСТ. Определяющим здесь является наиболее полное и достоверное знание физической сущности оперативной обстановки на месте ЧС, когда выбор и построение модели наиболее полно характеризуется особенно-

стью работы определяемой АСТ. Это не означает, что задача вообще не может быть решена. Решение этой задачи может быть найдено при использовании эвристических методов, не требующих полностью формализованной математической модели протекающих процессов.

## Литература:

1. Масаев С.Н. Статистика пожаров: учеб. пособие / В.Н. Масаев, А.Н. Минкин, Д.А. Едимичев, М.В. Елфимова; Сиб. федер. ун-т. - Красноярск, 2019. – 148 с. - ISBN 978-5-7638-4113-8.
2. Едимичев Д.А. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учеб. пособие / А.Н. Минкин, С.Н. Масаев, М.В. Елфимова; Сиб. федер. ун-т. - Красноярск, 2019. – 148 с. - ISBN 978-5-7638-3592-2.
3. Масаев С.Н., Функционально-стоимостный анализ выбора аварийно-спасательной техники для обеспечения проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ на малообъемных и рассредоточенных объектах / Масаев В.Н., Минкин А.Н., Едимичев Д.А., Мочалов Д.Ю. // Безопасность жизнедеятельности № 7, 2019.-С.30-37. - Режим доступа: <http://novtex.ru/bjd/bgd19/annot07.html#5>, ограниченный. – (Дата обращения: 24.09.2019).
4. Масаев С.Н., Инверсный функционально-стоимостный анализ выбора аварийно-спасательной техники для малообъемных и рассредоточенных объектов / Масаев С.Н., Масаев В.Н., Минкин А.Н., Едимичев Д.А., Мочалов Д.Ю. // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты) № 4 (29), 2018.-С.16-22. - Режим доступа: <http://ntp.edufire37.ru/wp-content/uploads/2019/01/№4-2018.pdf>, свободный. – (Дата обращения: 28.02.2019).
5. Масаев В.Н. Аварийно-спасательная техника для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ на малообъемных и рассредоточенных объектах / Масаев В.Н., Минкин А.Н., Сергеев И.Ю. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2018, №1.- С.23-26.- Режим доступа: [http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8\\_23-26.pdf](http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8_23-26.pdf), свободный. – (Дата обращения: 28.03.2019).
6. Масаев В.Н., Бушуев Р.С. Определение критерия выбора аварийно-спасательного инструмента для проведения аварийно-спасательных работ при дорожно-транспортных происше-

- ствиях: // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2017, №2. С.14-19. - Режим доступа: [http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5\\_14-19.pdf](http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5_14-19.pdf), свободный. – (Дата обращения: 28.03.2019).
7. Масаев, В.Н. Пожарная тактика: учеб. Пособие / С.Н. Масаев, Н.В. Москвин; Сиб. федер. ун-т, - Красноярск, 2017. – 286 с.
  8. Баловнев, В.И. Определение оптимальных параметров и выбор землеройных машин в зависимости от условий эксплуатации: учеб. пособие / В.И. Баловнев; МАДИ (ГТУ). - М., 2010. – 134 с.
  9. Дворковой В.Я. Система показателей оценки эффективности использования дорожно-строительных машин: учеб. пособие / В. Я. Дворковой ; Моск. автомобил.-дорож. ин-т (гос. техн. ун-т). - М. : МАДИ (ГТУ), 2004 (Ротапринт МАДИ(ГТУ)). - 28 с.
  10. Иванов Е. Н. Расчет и проектирование систем пожарной защиты. – М.: Химия, 1977г. - 376 с.
  11. Дедков В.К. Выбор варианта проектируемой системы при неопределенности условий ее применения / В. К. Дедков// Надежность и качество сложных систем. – 2013. – №2. – С. 10–14.
  12. Таубер Б.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. -М.: Экология, 1991. – 528 с. - ISBN 5-7120-0230-2.
  13. Воинов Б.С. Информационные технологии и системы, книга 1, изд.: "ННГУ им. Н. И. Лобачевского" (2001), – 684 стр. - ISBN: 5-85746-505-2, 5-85746-661.