

**Министерство Российской Федерации  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий**

---

**Академия гражданской защиты**

**Методические рекомендации  
по разработке, оформлению и защите курсовой  
(контрольной) работы на тему:  
«Расчёт эффективности применения  
робототехнических средств и комплексов  
при проведении аварийно-спасательных работ»**

*Учебно-методическое пособие*

**Химки – 2017**

**Министерство Российской Федерации  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий**

---

**Академия гражданской защиты  
Командно-инженерный факультет  
Кафедра спасательных робототехнических средств**

**Н.В. Северов, С.С. Носков, А.В. Байков, Е.В. Полевой**

**Методические рекомендации  
по разработке, оформлению и защите курсовой  
(контрольной) работы на тему:  
«Расчёт эффективности применения  
робототехнических средств и комплексов  
при проведении аварийно-спасательных работ»**

*Учебно-методическое пособие*

УДК 504.056; 502.58

ББК 87.33

Авторы:

Н.В. Северов, доктор технических наук, старший научный сотрудник, академик Академии военных наук;

С.С. Носков, кандидат технических наук, доцент;

А.В. Байков, кандидат технических наук;

Е.В. Полевой.

Рецензент:

М.В. Гомонай профессор кафедры эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов Академии гражданской защиты МЧС России, доктор технических наук, профессор.

Е.В. Павлов начальник центра робототехнических средств ВНИИПО МЧС полковник вн. с.

Методические рекомендации по разработке, оформлению и защите курсовой (контрольной) работы на тему: «Расчёт эффективности применения робототехнических средств и комплексов при проведении аварийно-спасательных работ» (учебно-методическое пособие). Химки: АГЗ МЧС России, 45 с., 4 табл., 3 рис., 5 библ.

Настоящее учебно-методическое пособие разработано в соответствии с ФГОС ВО и учебной программой дисциплин кафедры (спасательные робототехнические системы и технологии) и предназначено для обучающихся категорий курсантов и студентов по направлениям подготовки бакалавр, магистр, специалист в системе МЧС России, а также может быть полезным и для преподавателей вузов.

В учебно-методическом пособии поставлены цели выполнения курсовой (контрольной) работы, приведены исходные данные для проведения расчётов и порядок их выполнения, порядок оформления, выполнения работы и её защиты.

Компьютерный набор: Е.В. Полевой

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 5  |
| 1. Цели курсовой (контрольной) работы .....  | 6  |
| 2. Исходные данные для выполнения курсовой (контрольной) работы .....  | 6  |
| 3. Методика расчета эффективности применения робототехнических средств и комплексов при проведении аварийно-спасательных работ .....                       | 10 |
| 4. Разработка предложения в решение руководителя на применение робототехнических средств для ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ ..... | 27 |
| 5. Ситуационный план объекта.....  | 30 |
| 6. Содержание курсовой (контрольной) работы .....  | 31 |
| 7. Защита курсовой (контрольной) работы.....   | 32 |
| Заключение.....  | 33 |
| Рекомендуемая литература.....  | 34 |
| Приложение 1. Образец оформления титульного листа.....   | 35 |
| Приложение 2. Исходные данные для расчёта и порядок расчёта.....   | 36 |
| Приложение 3. Сводная таблица полученных результатов.....  | 41 |
| Приложение 4. Предложения в решение руководителя на проведение АСР с применением РТС.....  | 42 |
| Приложение 5. Пример оформления решения ситуационного плана (Решение руководителя на ликвидацию ЧС).....   | 45 |

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с учебными программами дисциплин кафедры для студентов и курсантов по направлениям подготовки бакалавр, магистр, специалист очной и заочной форм обучения предлагается выполнить курсовую (контрольную) работу с последующей защитой её в сроки, предусмотренные расписанием занятий.

Курсовая (контрольная) работа является важным элементом учебного процесса подготовки высококвалифицированного специалиста. Она представляет собой развёрнутое, приведённое в систему изложение специальных вопросов организации и ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ с применением робототехнических средств.

Курсовая (контрольная) работа является самостоятельной научной работой обучающихся. Это своеобразный отчёт, который позволяет выявить уровень самостоятельного усвоения дисциплины, оценить умение обучающегося анализировать, обобщать, систематизировать, грамотно интерпретировать полученные результаты, логически последовательно излагать вопросы организации и ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ с применением робототехнических средств и комплексов и разрабатывать предложения по их эффективному применению для ликвидации ЧС.

Курсовая работа предполагает обязательное выполнение в полном объёме всех пунктов, изложенных в учебно-методическом пособии. В рамках выполнения контрольной работы необязательно обучающимся оформлять ситуационный план (решение командира на проведение аварийно-спасательных работ с применением робототехнических средств) и соответственно связанных с ним расчётов зон поражения.

Робототехнические средства (далее РТС) как технические устройства и машины с вынесенным на определённое расстояние экипажем (расчётом) могут посредством дистанционного управления (ДУ) более эффективно выполнять разнообразные виды работ в особых условиях и экстремальных ситуациях при воздействии особо опасных для человека поражающих факторов за счёт обеспечения безопасности расчёта робототехнического средства.

Для обоснования технической политики разработки и рационального применения нового класса интеллектуальных РТС необходимо иметь единый системный подход к оценке эффективности различных образцов РТС и их комплексов при выполнении спасательных операций в чрезвычайных ситуациях.

## **1. ЦЕЛИ КУРСОВОЙ (КОНТРОЛЬНОЙ) РАБОТЫ**

Курсовая (контрольная) работа направлена на углубление, систематизирование и закрепление полученных знаний по эффективному применению робототехнических средств при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ. Полученные знания позволят аргументированно применять спасательную робототехнику для решения поставленных задач, привить навыки обучающимся по обоснованию принимаемых решений. Самостоятельная работа по выполнению варианта курсовой (контрольной) работы будет способствовать формированию у обучающихся оперативного мышления, повышению их профессиональной подготовки и даст практику проведения анализа полученных данных, научного обобщения и исследования какой-либо проблемы организации и ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ с применением робототехнических средств.

Курсовая (контрольная) работа призвана повысить уровень подготовки в выполнении функциональных обязанностей по предназначению и способствовать творческому решению задач по управлению подразделениями (формированиями) при подготовке и в ходе проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

## **2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ (КОНТРОЛЬНОЙ) РАБОТЫ**

### **Исходная обстановка № 1.**

25.06 в 12:30 в результате взрыва произошла авария на ХОО с пробоем ёмкости с хлором диаметром 50 мм. В результате получили сильные повреждения производственные здания, приведшие к нарушению технологического про-

цесса. Возникла 7,5 км зона заражения хлором, а также очаги пожаров в производственных зданиях.

Температура окружающего воздуха 20 °С.

К моменту начала ПСР очаги пожаров частично локализованы. Однако существует опасность повторных возгораний и взрывов.

Повреждённый объект с хлором находится в зоне распространения первичного облака и сильного задымления. В зону заражения попала частично селитебная зона.

Сводный спасательный отряд из подразделений ЦСООР Лидер, ВНИИПО, отряда «Центроспас» МЧС России получил распоряжение Министра РФ на применение спасательной робототехники в зоне ЧС.

#### **Исходная обстановка № 2.**

25.06 в 12:30 в результате взрыва на РОО произошёл выброс радиоактивных осколков на расстояние до 8 км и частично загрязнил более половины селитебной зоны.

К моменту начала ПСР очаги пожаров локализованы. Однако существует опасность повторных взрывов.

Повреждённый объект находится в зоне сильного радиоактивного загрязнения.

Сводный спасательный отряд из подразделений ЦСООР Лидер, ВНИИПО, отряда «Центроспас» МЧС России получил распоряжение Министра РФ на применение спасательной робототехники в зоне ЧС.

#### **Исходная обстановка № 3.**

25.06 в 12:30 в результате взрыва на ВПОО произошёл выброс взрывчатых веществ (боеприпасов) на расстояние до 5000 м.

К моменту начала АСР очаги пожаров локализованы. Однако существует опасность повторных взрывов.

Разброс осколков ВОП с повреждённого объекта захватил прилегающие территории селитебной зоны.



## Справочные данные о количестве и объёме спасательных задач

| №<br>п/п | Общее количество спасательных задач ( $N_{сз}$ )          | Приведённое (нормативное)<br>значение показателя<br>эффективности РТС ( $H_z$ ) |      |      |
|----------|---|---|------|------|
|          |   | ХОО   | РОО  | ВПОО |
| 1.       | Разведка (телеосмотр) участков местности                  | 0,6   | 0,7  | 0,8  |
| 2.       | Продельвание проходов в завалах строительных конструкций  | 0,7   | 0,5  | 0,75 |
| 3.       | Устройство проходов (проёмов) в стенах зданий, сооружений | 0,85  | 0,45 | 0,77 |
| 4.       | Обрушение висячих строительных конструкций                | 0,88  | 0,63 | 0,91 |
| 5.       | Выполнение земляных работ                                 | 0,53  | 0,68 | 0,86 |
| 6.       | Проведение погрузочных и разгрузочных работ               | 0,91  | 0,65 | 0,79 |
| 7.       | Выполнение некоторых специальных технологических операций | 0,93  | 0,72 | 0,63 |
| 8.       | Извлечение (захват)                                       | 0,43  | 0,68 | 0,93 |
| 9.       | Укладка в контейнер-локализатор                           | 0,65  | 0,69 | 0,99 |
| 10.      | Противопожарные работы                                    | 0,91  | 0,72 | 0,76 |
| 11.      | Специальная обработка                                     | 0,63  | 0,63 | 0,99 |
| 12.      | Мониторинг обстановки                                     | 0,78  | 0,78 | 0,78 |

Сводный спасательный отряд из подразделений ЦСООР Лидер, ВНИИПО, отряда «Центроспас» МЧС России получил распоряжение Министра РФ на применение спасательной робототехники в зоне ЧС.

### **3. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Методологически в основу теории эффективности РТС положены методы многоуровневой количественно-качественной сравнительной оценки эффекта выполнения типовых задач с использованием РТС и их однотипных традиционных экипажных машин в различных условиях поражающей обстановки посредством единой системы показателей и с учётом человеческого фактора.

Иерархическая структура задач оценки эффективности наземных РТС, приведённая на рисунке 3.1, включает пять уровней:

I уровень – задачи оценки работоспособности основных элементов РТС по выполнению различных технологических операций;

II уровень – задачи по оценке устойчивости РТС к поражающим факторам при ЧС;

III уровень – задачи по оценке эффекта применения РТС в ЧС;

IV уровень – задачи по оценке эффективности обеспечения спасательной операции при комплексном применении РТС;

V уровень – оптимизационные задачи по выбору рационального комплекта РТС для оперативного выполнения аварийных неотложно-восстановительных работ в ЧС.

На первом иерархическом уровне применительно к решаемым задачам в ЧС должен осуществляться выбор РТС преимущественно на математических моделях при комплексной сравнительной оценке вариантов базового шасси, телесистемы, манипулятора, рабочего оборудования и системы телеуправления в целом.

На втором уровне на детерминированных и статистических моделях необходимо проведение сравнительной оценки предлагаемых вариантов РТС по устойчивости к возможным поражающим факторам при ЧС, таким, как радиоактивному загрязнению, химическому заражению, биологическому воздействию, осколочному воздействию при взрыве боеприпасов, температурному

воздействию при пожарах, взрывному воздействию при разминировании, а также при работе в активных к взрыву средах и в стеснённых условиях.

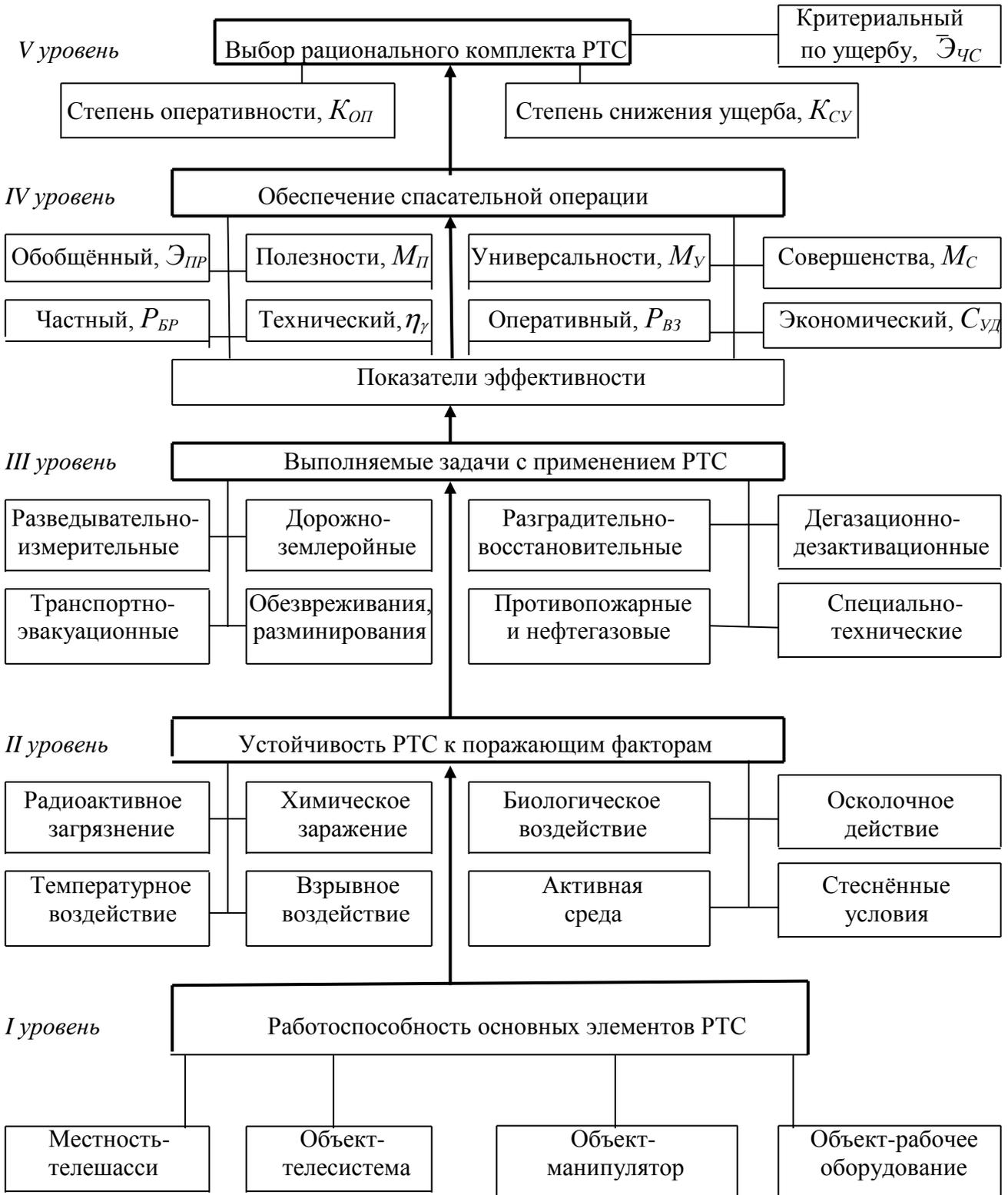


Рис. 3.1. Иерархическая структура задач оценки эффективности применения наземных РТС в ЧС

На третьем уровне, преимущественно на математических моделях, требуется обосновать номенклатуру рациональных РТС в системе МЧС России с учётом потребности РТС в РСЧС для выполнения приоритетных задач при ликвидации последствий ЧС, которыми будут являться как разведывательно-измерительные, дорожно-землеройные, разградительно-восстановительные, дегазационно-дезактивационные, транспортно-эвакуационные, противопожарные и нефтегазовые, обезвреживания и разминирования, специально-технические и другие.

На четвёртом уровне, преимущественно на статистических моделях, целесообразно оценить эффективность выполнения в целом спасательных операций по ликвидации последствий ЧС с применением РТС с помощью системы количественно-качественных показателей.

Высшим уровнем должно быть решение задачи по выбору рационального комплекта РТС в системе МЧС для выполнения задач особого риска при ЧС. При этом целесообразно применять статистическое моделирование с широким использованием блока данных, полученных для РТС на математических моделях первых трёх уровней.

Оценка применения РТС в ЧС должна оперативно проводиться при планировании спасательных операций особого риска с целью определения рационального использования штатных образцов РТС в возникающих ЧС. Оперативность проведения оценки применения РТС в различных ЧС должна базироваться на методике, доступной для проведения расчётов инженерно-техническим персоналом.

Оценка эффективности применения РТС в ЧС должна базироваться, как первооснова, на использовании существующих методик для экипажных машин по принятой взаимосвязанной системе показателей эффективности. При этом по структуре эта система должна включать следующие показатели: частный, технический, оперативный, экономический, критериальный и показатели полезности, универсальности и совершенства РТС.

Для сравнительной оценки эффективности выделим три расчётных случая применения спасательной техники:

первый случай – в условиях угрозы жизни человека при применении РТС (обозначение показателей эффективности с индексом «ртс» –  $P_{ртс}$ );

второй случай – в условиях угрозы жизни человека при применении экипажной техники, однотипной РТС (обозначение показателей с индексом «эк» –  $P_{эк}$ );

третий случай – выполнение однотипных задач с применением экипажной техники в условиях отсутствия поражающих факторов для человека, т.е. в нормальных условиях (обозначение показателей с индексом «нус» –  $P_{нус}$ ).

В качестве частного показателя эффективности целесообразно принять вероятность безотказной работы средства (РТС или экипажной машины)

$$P_{бр} = 1 - (1 - P_{ду}) \cdot (1 - P_{ро}) \cdot (1 - P_{бш}), \quad (1)$$

где  $P_{ду}$ ,  $P_{ро}$ ,  $P_{бш}$  – вероятности безотказной работы, соответственно системы дистанционного управления, рабочего оборудования и базового шасси, при этом для экипажной машины  $P_{ду} = 1$ .

В качестве оперативного показателя эффективности следует принять вероятность выполнения средством спасательной задачи

$$P_{вз} = P_{бр} \cdot P_{срнп} \cdot P_{экип}, \quad (2)$$

где  $P_{срнп}$ ,  $P_{экип}$  – вероятности не поражения за время выполнения спасательной задачи соответственно средства и экипажа (расчёта для РТС), при этом для РТС можно принять  $P_{экип} = 1$ .

Для последующих сравнительных расчётов введём понятие технически «идеального» РТС, для которого

$$P_{вз} = 1; P_{бр} = 1; P_{экип} = 1. \quad (3)$$

В качестве технического показателя эффективности примем коэффициент технического совершенства РТС при сравнении соответствующих базовых показателей качества

$$\eta_{\gamma} = \begin{cases} \frac{K_{\gamma}}{K_{\gamma\text{опт}}} & \text{– для неэкономического показателя;} \\ \frac{K_{\gamma\text{опт}}}{K_{\gamma}} & \text{– для экономического показателя,} \end{cases} \quad (4)$$

где  $K_\gamma$  – базовый показатель качества под номером  $\gamma$  при применении предлагаемого варианта РТС;

$K_{\gamma\text{опт}}$  – соответствующий базовый показатель качества под номером  $\gamma$  при применении «идеального» РТС.

Основными базовыми показателями качества, определяющими различные характеристики РТС, можно считать:

– степень влияния применения РТС на темп (производительность) выполнения спасательной задачи

$$K_\gamma = K_V = \frac{V_{\text{РТС}} - V_{\text{ЭК}}}{V_{\text{НУС}}}, \quad (5)$$

где  $V_{\text{РТС}}$ ,  $V_{\text{ЭК}}$ ,  $V_{\text{НУС}}$  – достигаемый средний темп (производительность) выполнения спасательной задачи соответственно при применении РТС в ЧС и однотипной экипажной машины при ЧС и при отсутствии поражающих факторов, т.е. в нормальных условиях;

– степень снижения риска при применении РТС в ЧС

$$K_\gamma = K_r = \frac{P_{\text{НП}}^{\text{РТС}} - P_{\text{НП}}^{\text{ЭК}}}{P_{\text{НП}}^{\text{НУС}}}, \quad (6)$$

где  $P_{\text{НП}}^{\text{РТС}}$ ,  $P_{\text{НП}}^{\text{ЭК}}$ ,  $P_{\text{НП}}^{\text{НУС}}$  вероятности не поражения спасателей при применении в ЧС соответственно РТС и экипажных машин при ЧС и в нормальных условиях;

– степень выполнения оперативных требований при применении РТС в ЧС

$$K_\gamma = K_{\text{эф}} = \alpha_{\text{п}} \cdot K_V + (1 - \alpha_{\text{п}}) \cdot K_r, \quad (7)$$

где  $\alpha_{\text{п}}$  – поправочный коэффициент, зависящий от значимости  $K_\gamma$  и  $K_r$  в конкретных условиях обстановки при ЧС

$$0 \leq \alpha_{\text{п}} \leq 1, \text{ а его среднее значение } \alpha_{\text{п}} \approx 0,5;$$

– степень влияния применения РТС на полную стоимость выполнения спасательной задачи в ЧС

$$K_\gamma = K_c = \frac{C_{\text{ВЗ}}^{\text{ЭК}} - C_{\text{ВЗ}}^{\text{РТС}}}{C_{\text{ВЗ}}^{\text{ЭК}}}, \quad (8)$$

где  $C_{\text{ВЗ}}^{\text{ЭК}}$ ,  $C_{\text{ВЗ}}^{\text{РТС}}$  – оценочные стоимости выполнения в ЧС спасательной задачи с применением соответственно экипажных машин и РТС.

Следовательно, коэффициент  $\eta_V$  технического совершенства РТС в соответствии с формулой (4) будет равен:

по обеспечению темпа (производительности) выполнения спасательной задачи

$$\eta_V = \frac{K_V}{K_{\text{ОПТ}}^V}, \quad (9)$$

по снижению риска спасателей

$$\eta_r = \frac{K_r}{K_{\text{ОПТ}}^r}, \quad (10)$$

по выполнению оперативных требований

$$\eta_{\text{ЭФ}} = \frac{K_{\text{ЭФ}}}{K_{\text{ОПТ}}^{\text{ЭФ}}}, \quad (11)$$

по влиянию на стоимость выполнения спасательной задачи

$$\eta_c = \frac{K_{\text{ОПТ}}^c}{K_c}, \quad (12)$$

В качестве экономических показателей эффективности при сравнительной оценке различных альтернативных вариантов РТС могут использоваться:

приведённая стоимость РТС

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{РТС}}}{P_{\text{БР}}^{\text{РТС}}}, \quad (13)$$

где  $C_{\text{РТС}}$ ,  $P_{\text{БР}}^{\text{РТС}}$  – стоимость образца и вероятность безотказной работы РТС;

удельная стоимость РТС

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{РТС}}}{(K_{\text{ЭФ}} \cdot 100)}, \quad (14)$$

удельные затраты на выполнение спасательной операции

$$\text{Э}_l = \frac{C_{\text{ВЗ}}^{\text{РТС}}}{\eta_c}, \quad (15)$$

За обобщённый – критериальный показатель эффективности РТС можно принять условную приведённую стоимость единицы объёма выполненной спасательной задачи в ЧС с применением РТС

$$\text{Э}_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{ВЗ}}^{\text{РТС}}}{K_{\text{ЭФ}} \cdot Q_{\text{ВЗ}}}, \quad (16)$$

где  $Q_{вз}$  – объём выполненной спасательной задачи в ЧС с применением РТС.

Предложенная система показателей эффективности позволяет количественно оценить качество различных вариантов РТС с учётом их технических характеристик и условий применения в ЧС.

Главнейшей целью применения РТС в ЧС будет являться повышение безопасности спасателей, т.е. обеспечение сохранения им жизни. Поэтому если применение РТС за весь его цикл использования обеспечит сохранение жизни хотя бы одного спасателя, то при всей бесценности человека эффективность РТС правомерно характеризовать таким показателем, как условно минимальная степень полезности РТС

$$M_{пол} = \frac{C_{п}}{C_{ртс}}, \quad (17)$$

где  $C_{п}$  – стоимость ожидаемого ущерба для государства при гибели или ранении спасателя (военнослужащего).

Методика оценки стоимости ожидаемого ущерба при гибели военнослужащего учитывает следующие факторы:

Первое – денежная компенсация семье военнослужащего в виде страховки: при гибели военнослужащего –  $C_{0,ст}$ .

Второе – усреднённая стоимость соответствующего лечения одного военнослужащего, последствиями которого может быть:

инвалидность I группы – с затратами на лечение  $C_{1,лч}$ , II группы – с затратами  $C_{2,лч}$ , III группы – с затратами  $C_{3,лч}$ , непригодность к службе – с затратами  $C_{4,лч}$ .

При этом будем считать, что вышедший из строя военнослужащий может получить:

смертельный исход – с вероятностью  $P_{0,см}$ , инвалидность I группы – с  $P_{1,гр}$ , II группы – с  $P_{2,гр}$ , III группы – с  $P_{3,гр}$ , а также непригодность к службе – с  $P_{4,гр}$ , при этом

$$P_{0,см} + P_{1,гр} + P_{2,гр} + P_{3,гр} + P_{4,гр} = 1,0. \quad (18)$$

При поражении экипажной машины, поражении членов её экипажа (с вероятностью  $P_{п,эк}$ ) и непосредственно самой машины (с вероятностью  $P_{п,бм}$ ) будут составлять полную группу событий, т.е.

$$P_{п,эк} + P_{п,бм} = 1,0. \quad (19)$$

а для расчётов ориентировочно можно принять

$$P_{п,эк} \approx 0,3 \dots 0,5; P_{п,бм} \approx 0,7 \dots 0,5. \quad (20)$$

Третье – стоимость  $C_{1,год}$  содержания одного военнослужащего, исходя из учёта стоимости годовых затрат на содержание Вооружённых Сил РФ, их численности и срока службы военнослужащего.

Четвёртое – недополученная для государства прибыль  $C_{н,п}$  из-за смерти военнослужащего срочной службы при утрате его трудоспособных лет.

Таким образом, общую стоимость ущерба для государства при поражении военнослужащих можно вычислить по формуле

$$C_{п,вс} = v_{вс} \{ C_{1,год} + [P_{0,см} \cdot C_{0,ст} + P_{1,гр} (C_{1,ст} + C_{1,лч}) + P_{2,гр} (C_{2,ст} + C_{2,лч}) + P_{3,гр} (C_{3,ст} + C_{3,лч}) + P_{4,гр} (C_{4,ст} + C_{4,лч})] + C_{1,эв} + C_{н,п} \}, \quad (21)$$

где  $v_{вс}$  – математическое ожидание количества вышедших из строя военнослужащих;

$C_{1,эв}$  – стоимость эвакуации раненого военнослужащего.

Перспективные РТС должны обеспечивать выполнение нескольких спасательных задач, например, за счёт использования сменного рабочего оборудования на РТС и сменного рабочего инструмента для манипулятора. Поэтому для сравнительной оценки приспособленности РТС к выполнению различных спасательных задач целесообразно использовать показатель эффективности – степень  $M_y$  универсальности РТС, который рассчитывается по критерию Лапласа

$$M_y = \sum_{Z=1}^{N_{сз}} v_z H_z, \quad (22)$$

где  $N_{сз}$  – общее количество спасательных задач, которое может выполнять РТС в ЧС;

$v_z$  – весомость (значимость) спасательной задачи под номером  $Z$ , при этом

$$\sum_{Z=1}^{N_{cz}} v_z = 1; \quad (23)$$

$H_z$  – приведённое (нормированное) значение показателя эффективности РТС при выполнении  $Z$ -й спасательной задачи

$$0 \leq H_z \leq 1. \quad (24)$$

В условиях неопределённости критерий Лапласа рассчитывается по формуле

$$M_y = \frac{1}{N_{cz}} \sum_{Z=1}^{N_{cz}} H_z, \quad (25)$$

В соответствии с иерархической структурой, представленной на рис. 3.1, рассмотрено решение задач I, II и III уровней, являющихся прямыми задачами теории эффективности, поскольку оценивается эффективность конкретного РТС для выполнения конкретно заданной задачи.

Задача IV уровня – обеспечение спасательной операции – также является прямой задачей, но более сложной, так как необходимо оценить эффективность применения в ЧС заданного комплекта РТС по формулам, аналогичным ранее рассмотренным.

Задача V уровня – по выбору рационального комплекта РТС для наиболее эффективного обеспечения спасательной операции – будет являться обратной задачей теории эффективности, для решения которой необходимо использовать методы оптимизации.

Показатель эффективности проведения спасательной операции – условный приведенный ожидаемый ущерб

$$\bar{\Xi}_{чс} = \frac{P_a}{K_{оп}}, \quad (26)$$

где  $P_a$  – ожидаемый полный ущерб при ЧС.

Полный ущерб в свою очередь подразделяется на прямой и косвенный.

К прямому ущербу от воздействия поражающих факторов чрезвычайных ситуаций относятся выраженные в стоимостной форме затраты, потери и убыт-

ки, обусловленные именно этим воздействием в данное время и на данном конкретном объекте:

единовременные затраты, направленные на проведение спасательных работ;

затраты на эвакуацию людей из зоны чрезвычайной ситуации, их временное размещение в безопасных районах, оказание срочной медицинской помощи;

стоимость разрушенных или нарушенных природных ресурсов;

остаточная стоимость всего движимого и недвижимого имущества, инфраструктуры, коммуникаций, товаров и нереализованной продукции, основных и оборотных фондов.

К косвенному ущербу относятся вынужденные затраты, потери, убытки, обусловленные вторичными эффектами чрезвычайной ситуации (действием или бездействием, вызванным первичными поражающими факторами). Косвенный ущерб, в отличие от прямого, может проявляться через длительный промежуток времени с момента начала чрезвычайной ситуации; он не имеет четко выраженной территориальной принадлежности и носит, по большей части, так называемый «каскадный эффект», т.е. вторичные действия (бездействия) порождают очередную серию действий (бездействий) и соответственно косвенный ущерб. Главными составляющими косвенного ущерба являются:

ущерб, причинённый третьим лицам;

косвенный ущерб для самого юридического или физического лица;

упущенная им выгода в связи с прекращением или приостановкой деятельности, утрата нематериальных активов, не отражённых в бухгалтерской документации, утрата технической, экономической, научной документации, программно-математического обеспечения и т.д.; потеря товарного вида;

моральный ущерб;

ущерб смежников;

народнохозяйственный ущерб и др.

Оценку возможного ущерба от чрезвычайных ситуаций необходимо проводить исходя из максимально худшего сценария развития событий.

Процесс оценки ущерба от чрезвычайной ситуации должен представлять следующую причинно-следственную связь: «масштаб чрезвычайной ситуации с учётом его источника» – «воздействие поражающих факторов чрезвычайной ситуации на объект экономики» – «состав и размер натуральных потерь объекта экономики и физических лиц от воздействия поражающих факторов чрезвычайной ситуации» – «экономическая оценка ущерба»<sup>1</sup>.

Вся совокупность подходов и реализующих их методов оценки экономического ущерба разделяется на две основные группы: методы прямого счёта и методы косвенной оценки.

Методы прямого счёта, как правило, отражают все элементы в цепи причинно-следственных связей, формирующие экономический ущерб объектов экономики. Они предполагают оценку эффектов, возникающих между всеми звеньями этой цепи и калькуляцию различных составляющих потерь объекта экономики, выраженных в стоимостной форме. Подходы к оценке ущерба от чрезвычайных ситуаций, основанные на использовании методов прямого счёта достаточно широко применимы при оценке потерь объектов от техногенных аварий, природных катастроф и террористических актов. Это связано с тем, что объекты, несущие ущерб от такого рода событий, обычно характеризуются достаточно чёткой структурой, стоимость элементов которой поддаётся более или менее точной оценке. При этом обычно потери элементов удаётся связать с силой событий (балльностью землетрясения, мощностью взрыва, продолжительностью пожара и т.д.).

Использование методов прямого счёта предопределяет высокую точность полученных на их основе оценок ущерба. Однако эти методы достаточно трудоёмки и громоздки, требуют большого объёма исходной информации, вследствие чего их применение на практике не всегда возможно.

Методы косвенной оценки менее трудоёмки. Они базируются на принципе переноса общих закономерностей действия ущербообразующих факторов

---

<sup>1</sup> Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах, МЧС, Москва, 2004г.

на конкретный объект экономики. Этот принцип реализуется путём использования ряда нормативных показателей, переводящих вид и размер воздействия поражающего фактора в экономический ущерб объекта экономики.

Общей частью методов оценки ущерба является определение зоны распространения поражающих факторов и их силы. С учётом особенностей размещения в ней различных элементов (объектов) определяется величина полученного ими физического (натурального) ущерба. В свою очередь, на основе структуры и величины натурального ущерба получают стоимостную оценку ущерба объекта. Для этого необходимо предварительно сформировать систему исходных предпосылок, определяющих особенности формирования структуры ущерба и оценки стоимости каждой её позиции (по понесённым затратам, упущенной выгоде, прямым потерям и т.п.).

Ущерб (убытки) определяется исходя из последствий чрезвычайной ситуации, а не из характеристики самой чрезвычайной ситуации. Одна и та же чрезвычайная ситуация может вызвать различные последствия, равно как одно и то же последствие может иметь причины различных ЧС.

Если возникновение последствий имело место от нескольких ЧС, размер ущерба (убытков) рассчитывается применительно к каждой отдельной ЧС. Если невозможно определить размер ущерба применительно к каждому источнику ЧС, то общая сумма ущерба (убытков) распределяется между ними в равных долях<sup>2</sup>.

Для оценки ущерба от чрезвычайной ситуации может быть использован экспертный подход по определению стоимости ущерба для различных категорий объектов экономики, основанный на требованиях соответствующих нормативных правовых документов, сборе и обобщении рыночной информации по стоимости аналогичных объектов экономики.

Для прогноза ущерба могут быть использованы показатели, характеризующие риск чрезвычайной ситуации. Риск обусловлен возможностью причи-

---

<sup>2</sup> РД 12-378-00 «Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, подконтрольных газовому надзору» (с изменением (РДИ 12-451(378)-02), утвержденным постановлением Госгортехнадзора России от 9 сентября 2002 г. № 56)

нения ущерба в результате реализации угрозы ЧС техногенного, природного или террористического характера.

В соответствии с Единой межведомственной методикой оценки ущерба от ЧС техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учёта ЧС, разработанной ФГУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям (Федеральный центр) и утверждённой Министром РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 1 декабря 2004 года при известных частоте событий и ущербе риск от чрезвычайной ситуации оценивается математическим ожиданием ущерба за интервал времени  $\Delta t$ :

$$M[W, \Delta t] = \alpha_{\text{чс}}(\Delta t)W = \sum_{j=1}^m \alpha_{\text{чс}j}(\Delta t)\bar{W}, \quad (27)$$

где  $\bar{W} = \int_0^{\infty} wf(w)dw$  – средний ущерб от чрезвычайной ситуации;

$\bar{W} = \int_{W_{\text{чс}j}}^{W_{\text{чс}j}} wf(w)dw$  – средний ущерб от ЧС j-го класса по степени тяжести;

$\alpha_{\text{чс}}(\Delta t) = \lambda_{\text{чс}}\Delta t$  – математическое ожидание числа ЧС за интервал времени  $\Delta t$ ;

$\lambda_{\text{чс}}$  – повторяемость ЧС j-го класса по степени тяжести.

Оценка риска обычно включает расчёт возможного числа погибших (пострадавших) людей и экономических потерь, которые могут быть вызваны ЧС техногенного, природного или террористического характера. Она осуществляется на основе анализа опасности территории, угроз для людей и объектов, их уязвимости и возможного ущерба. Вначале проводится сбор данных, составляются каталоги опасных явлений, встречающихся на изучаемой территории и объекте. Определяются их наиболее опасные типы, частота проявления, физические параметры. Затем составляют карты природных и техногенных опасностей, отражающие частоту реализации опасных явлений фиксированной силы. Далее анализируется относительное положение источников опасности и объектов воздействия их поражающих и вредных факторов, а за-

тем уязвимость объекта к опасным явлениям разной разрушительной силы. На уязвимость объекта влияют защищённость и стойкость его элементов.

Различают методы оценки ущерба от гипотетической и реальной чрезвычайной ситуации. Если рассматривается гипотетическая чрезвычайная ситуация, то говорят о предполагаемом ущербе. Для различных сценариев развития чрезвычайной ситуации расчётным методом получаются различные значения ущерба. В силу влияния на размер ущерба большого числа случайных факторов в задачах прогноза следует рассматривать случайную величину ущерба  $W$ , описываемую функцией распределения  $F(w) = P(W < w)$ .

Статистические данные об ущербе в реально произошедших чрезвычайных ситуациях техногенного, природного или террористического характера на некотором временном интервале образуют выборку из некоторой генеральной совокупности и описываются статистической функцией распределения. Вследствие недостаточного объёма зафиксированных статистических данных по ущербу в чрезвычайных ситуациях техногенного, природного или террористического характера вид функций распределения  $F(w)$  пока не установлен.

Но в качестве метода определения  $F(w)$  можно использовать метод определения полного экономического ущерба  $F(u)$ .

Полный экономический ущерб, которым сопровождается чрезвычайная ситуация может быть определён как сумма прямого экономического ущерба и косвенного экономического ущерба. Расчётные зависимости представлены формулой:

$$U = U^p + AU^k, \quad (28)$$

где  $A$  – коэффициент приведения разновременных затрат (коэффициент дисконтирования);

$U$  – экономический ущерб от чрезвычайной ситуации;

$U^p$  – прямой экономический ущерб;

$U^k$  – косвенный экономический ущерб.

Вместе с тем следует учитывать, что дифференциация ущерба на прямой и косвенный в известной степени условна, поскольку одни и те же потери могут опосредоваться в различных формах.

В силу высокой степени неопределённости величины косвенного экономического ущерба величина полного экономического ущерба также обладает высокой степенью неопределённости.

Средний ущерб от чрезвычайных ситуаций можно установить по статистическим данным. Для редких событий средний ущерб можно оценить по расчётным данным для различных сценариев инициирования и развития чрезвычайных ситуаций техногенного, природного или террористического характера и последующего усреднения с учётом сценариев.

При прогнозировании экономического ущерба можно также использовать рамочную методику оценки социально-экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций в пределах территорий субъектов Российской Федерации (пункт 5 «Единой межведомственной методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учёта чрезвычайных ситуаций», утверждённой Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 1 декабря 2004 года), в которой приведены методики расчёта ущерба на объектах промышленности, транспорта, социальной инфраструктуры, жизнеобеспечения, сельского хозяйства и др.

Кроме того, существуют Методические рекомендации РД 03-496-02 «По оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах», утверждённые постановлением Госгортехнадзора Российской Федерации от 29.10.2002 № 63.

В соответствии с ними полный ущерб от аварии на потенциально опасном объекте может быть выражен в общем виде формулой:

$$П_a = \sum_{i=1}^N П_i , \quad (29)$$

где  $П_a$  – полный ущерб от аварий, руб.;

$П_i$  – включает в себя:

$\Pi_{пп}$  – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$\Pi_{ла}$  – затраты на локализацию / ликвидацию и расследование аварии, руб.;

$\Pi_{сэ}$  – социально-экономические потери (затраты, понесённые вследствие гибели и травматизма людей), руб.;

$\Pi_{нв}$  – косвенный ущерб, руб.;

$\Pi_{экол}$  – экологический ущерб (урон, нанесённый объектам окружающей природной среды), руб.;

$\Pi_{втр}$  – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

Прямые потери ( $\Pi_{пп}$ ) от аварий можно определить по формуле:

$$\Pi_{пп} = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (30)$$

где  $\Pi_i$  – состоит из:

$\Pi_{оф}$  – потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных фондов (производственных и непроизводственных), руб.;

$\Pi_{тмц}$  – потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (продукции, сырья и т.п.), руб.;

$\Pi_{им}$  – потери в результате уничтожения (повреждения) имущества третьих лиц, руб.

Затраты на локализацию / ликвидацию и расследование аварии ( $\Pi_{ла}$ ) можно определить по формуле:

$$\Pi_{ла} = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (31)$$

где  $\Pi_i$  – состоит из:

$\Pi_{л}$  – расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварий, руб.;

$\Pi_{р}$  – расходы на расследование аварий, руб.

Социально-экономические потери ( $\Pi_{сэ}$ ) можно определить как сумму затрат на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала и третьих лиц ( $\Pi_{гп}$  и  $\Pi_{гтл}$  соответственно) и/или травмирования персонала и третьих лиц ( $\Pi_{тп}$  и  $\Pi_{ттл}$ ):

$$\Pi_{сэ} = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (32)$$

Косвенный ущерб ( $\Pi_{нв}$ ) вследствие аварий рекомендуется определять как часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя ( $\Pi_{нп}$ ), зарплату и условно-постоянные расходы предприятия, за время простоя ( $\Pi_{зп}$ ) и убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пени и пр. ( $\Pi_{ш}$ ), а также убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли):

$$\Pi_{нв} = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (33)$$

Экологический ущерб ( $\Pi_{экол}$ ) рекомендуется определять как сумму ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды:

$$\Pi_{экол} = \sum_{i=1}^N \Pi_i, \quad (34)$$

где  $\Pi_i$  – включает в себя:

$\mathcal{E}_a$  – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.;

$\mathcal{E}_в$  – ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб.;

$\mathcal{E}_п$  – ущерб от загрязнения почвы, руб.;

$\mathcal{E}_б$  – ущерб, связанный с уничтожением биологических (в т.ч. лесных массивов) ресурсов, руб.;

$\mathcal{E}_о$  – ущерб от засорения (повреждения) территории обломками (осколками) зданий, сооружений, оборудования и т.д., руб.

#### **4. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЯ В РЕШЕНИЕ РУКОВОДИТЕЛЯ НА ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ**

Предложение в решение руководителя на проведение АСР с применением РТС подаётся в форме проекта решения, подписывается исполнителем и должно в себя включать:

1. Проведённая разведка и рекогносцировка разрушенного участка местности зоны ЧС силами сводного отряда доложила, что:

исходные данные о ЧС (вид, тип, опасные факторы);

площадь поражения составила – *(согласно варианту определяется как площадь круга)*, при этом:

тип зданий, подвергшихся разрушению – *(согласно варианту)*;

в количестве – *(согласно варианту)*;

количество пострадавших – *(согласно варианту)*,

погибших – *(согласно варианту)*;

*необходимо рассчитать и указать количество пострадавших, погибших из расчёта на одного пострадавшего выплачивается 1 млн руб., а на погибшего 2 млн руб.*

2. Объём выполняемых задач с применением робототехнических средств – *(согласно варианту, указать вид выполняемых работ РТС)*.

3. В сложившихся условиях наличия опасных факторов существует высокая угроза жизни спасателей, что требует незамедлительного применения робототехнических средств, при этом:

вероятность безотказной работы РТС – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(высокому или низкому уровню готовности средства к применению в указанной ЧС)*;

вероятность выполнения средством спасательной задачи – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(высокому или низкому уровню готовности средства к выполнению указанной задачи по причине влияния или не влияния факторов аварии на работоспособность РТС)*;

степень обеспечения темпа (производительности) выполнения спасательной задачи – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(повышению или уменьшению объёмов, выполненных работ по сравнению с традиционными экипажными средствами, что окажет влияние на время проведения спасательной операции)*);

степень снижения риска при применении РТС в ЧС – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(не поражению или поражению спасателей при применении в ЧС соответственно РТС и экипажных машин при ЧС)*);

степень влияния применения РТС на полную стоимость выполнения спасательной задачи в ЧС – *(согласно расчёту варианта)*, *(оценочная стоимость выполнения в ЧС спасательной задачи с применением соответственно экипажных машин и РТС)*);

удельная стоимость РТС – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(уровню эффективности за счёт уменьшения стоимости РТС при выполнении спасательных операций в зоне ЧС)*);

удельные затраты на выполнение спасательной операции – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(уменьшению или увеличению величины ущерба от ЧС с применением РТС)*);

обобщённый показатель эффективности РТС – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(приведённой стоимости единицы объёма выполненной спасательной задачи в ЧС с применением РТС)*);

показатель эффективности РТС, минимальная степень полезности РТС – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(величине ожидаемого ущерба для государства при гибели или ранении спасателя)*);

показатель эффективности – степень универсальности РТС – *(согласно расчёту варианта)*, что соответствует *(приспособленности РТС к выполнению различных спасательных задач за счёт использования сменного рабочего оборудования на РТС и сменного рабочего инструмента для манипулятора)*);

показатель эффективности проведения спасательной операции – условный приведённый ожидаемый ущерб – *(согласно расчёту варианта)*, что соот-

ветствует (*ожидаемому полному ущербу при ЧС*), при этом необходимо указать величины:

полного ущерба от аварии – (*согласно расчёту варианта*);

прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект – (*согласно расчёту варианта*);

затраты на локализацию / ликвидацию и расследование аварии – (*согласно расчёту варианта*);

социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей) – (*согласно расчёту варианта*);

косвенный ущерб – (*согласно расчёту варианта*);

экологический ущерб – (*согласно расчёту варианта*).

4. Задачи робототехническим подразделениям МЧС России.

5. Время начала и окончания работ, количество смен.

6. Организация системы управления и связи.

7. Место расположения КНП руководителя ликвидации ЧС и его заместителя.

« » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

подпись

Ф.И.О.

Предложение в решение подписывается исполнителем, оформляется на листах формата А4 и является приложением к работе.

## 5. СИТУАЦИОННЫЙ ПЛАН ОБЪЕКТА

Ситуационный план представляет собой участок местности, на котором условно произошла авария на ПОО, представленный на рис. 5.1.

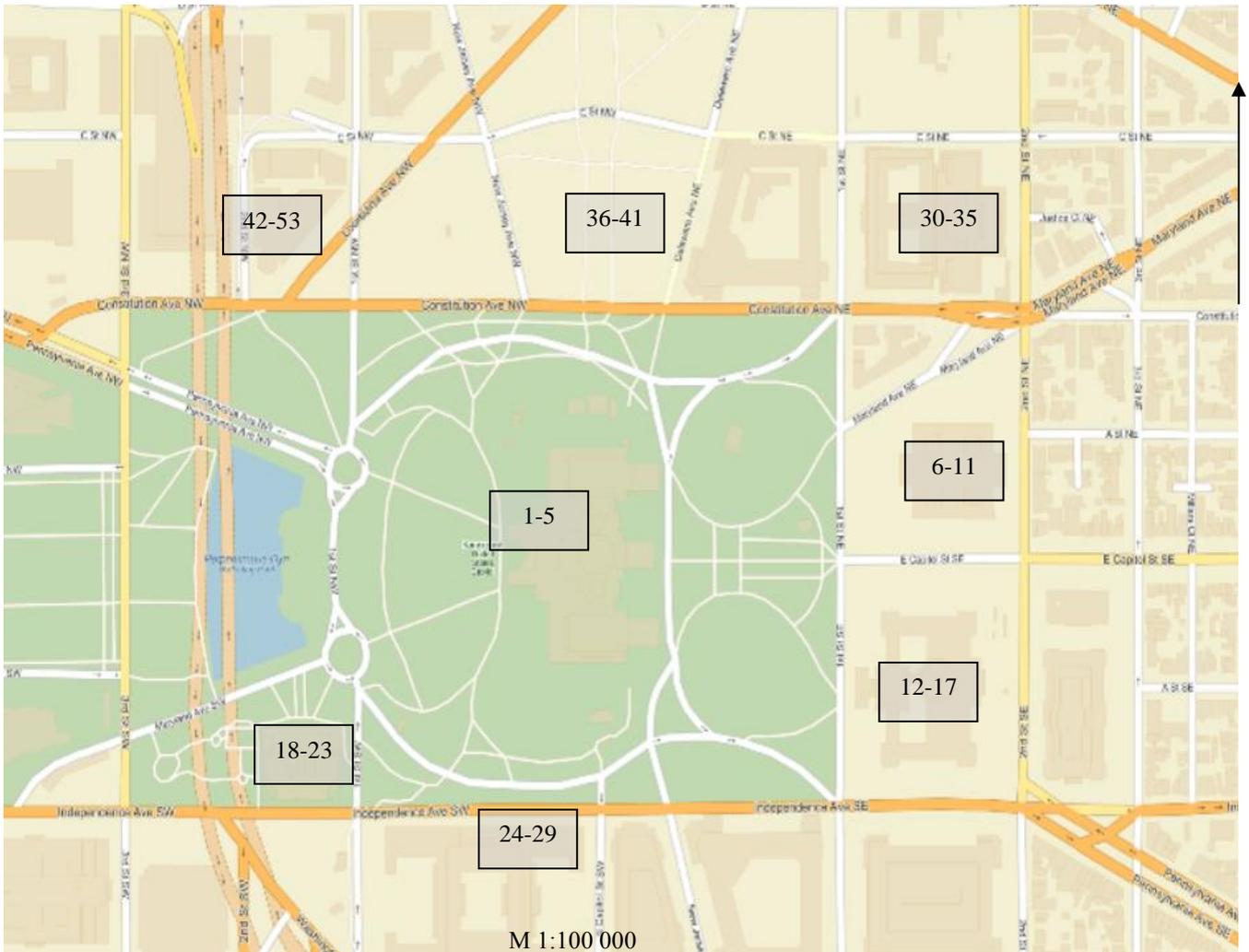


Рис. 5.1. Ситуационный план (Решение командира) для нанесения обстановки:

18-23 – согласно варианту, объект ПОО для нанесения обстановки

На решение также наносятся данные в виде условных обозначений о характере ЧС (в соответствии с вариантом работы), метеоусловия, зона ЧС, роботехнические подразделения, направления распространения поражающих факторов ЧС, направления ввода – вывода спасательных подразделений, места сбора пострадавших и др. сведения.

Решение подписывается исполнителем, оформляется на развороте листа формата А4 и является приложением в работе.

## **6. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ (КОНТРОЛЬНОЙ) РАБОТЫ**

Курсовая (контрольная) работа должна содержать следующую структуру: титульный лист; содержание; исходные данные; введение; основная часть; заключение; список использованной литературы и приложения.

**Титульный лист** – (приложение 1).

**Содержание** – перечисляется структура контрольной работы с указанием номера страниц.

**Исходные данные для выполнения курсовой (контрольной) работы** – (приложение 2).

**Введение.** В нём должна быть показана актуальность темы и её значение на современном этапе.

**Основная часть.** Состоит из расчёта эффективности применения РТС в ЧС (приложение 5).

Курсовую работу необходимо выполнить самостоятельно, прибегая к помощи руководителя лишь в затруднительных случаях. Очень ценным при этом является внесение нового, оригинального, что может найти применение в практической деятельности органов управления МЧС России, спасательных служб (формирований), спасателей МЧС России, в том числе других министерств и ведомств. Обучающийся должен показать умение обобщать теоретический материал, делать выводы и разрабатывать практические рекомендации по исследуемым проблемам.

**Заключение.** В нём подводится итог исследования в виде сводной таблицы полученных результатов (приложение 3).

**Список использованной литературы** – приводится в порядке появления ссылок в тексте работы.

**Приложения.** В приложениях – предложение в решение руководителя на проведение АСДНР в зоне ЧС с применением РТС (приложение 4), ситуационный план, а также по желанию исполнителя может быть справочный материал в виде таблиц, графиков, схем, фотографий и др.

Оформление работы должно соответствовать «Методическим рекомендациям по разработке, оформлению и защите выпускных квалификационных работ». Химки: АГЗ МЧС России, 2016. – 112 с.

## **7. ЗАЩИТА КУРСОВОЙ (КОНТРОЛЬНОЙ) РАБОТЫ**

В сроки, предусмотренные планом, разработчик представляет полностью оформленную работу вместе с графическим материалом своему руководителю для проверки. Руководитель отмечает положительные и отрицательные стороны работы и проводит предварительную оценку словами: «Допускается к защите» или «Не допускается к защите».

Курсовые работы принимаются в порядке открытой защиты. Работы, признанные руководителем неудовлетворительными, возвращаются для доработки и повторного представления.

Контрольные работы после проверки руководителем оцениваются с выставлением оценки на титульном листе, неудовлетворительные работы возвращаются для доработки и повторного представления.

Защита работы осуществляется во время учебного сбора до сдачи зачёта с оценкой или экзамена и является допуском к нему. При подготовке к защите необходимо тщательно ознакомиться с рецензией руководителя, подготовить ответы на все сделанные им замечания и рекомендации.

На защите курсовой работы обучающийся должен:

1. Знать:

ответы на теоретические вопросы по теме курсовой (контрольной) работы;

исходные данные для расчёта курсовой (контрольной) работы;

смысловое значение показателей полученных результатов расчёта;

содержание предложения в решение руководителя на выполнение

АСДНР с применением РТС.

2. Уметь:

наносить обстановку на ситуационный план (решение командира);

анализировать полученные расчётные данные;

доложить предложения в решение командира на проведение АСДНР с применением РТС.

Защита оценивается по пятибалльной системе. Результаты выполнения работы учитываются при сдаче зачёта с оценкой, экзамена по дисциплине.

Обучающийся, который не представил в установленный срок курсовую (контрольную) работу или не защитивший её по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность и к зачёту с оценкой, экзамену **не допускается**.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Помимо привития обучающимся навыков самостоятельного научного изложения вопросов организации и ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ с применением робототехнических средств, работа развивает умение защищать и отстаивать изложенные в ней положения.

Обучающийся должен знать, что преподаватель в достаточной степени ознакомлен с содержанием работы. Непонимание вопросов, изложенных в работе, их механическая, дословная переписка из учебников, монографий, журналов неизбежно обнаруживается при проверке или защите работы и существенно влияет на её оценку.

Курсовая (контрольная) работа, имеющая творческий, исследовательский характер и представляющая научный и практический интерес, может быть засчитана как научно-исследовательская работа или может лечь в основу выпускной квалификационной работы.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

| №<br>п/п                              | Наименование  | Инв. номер   |
|---------------------------------------|---|--------------|
| <b>Руководящие документы</b>          |   |              |
| 1                                     | Федеральный закон от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей»  | -            |
| 2                                     | Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»  | -            |
| <b>Учебники</b>                       |   |              |
| 3                                     | Спасательные робототехнические системы и технологии. Учебник. Части I, II. Под научным руководством и общей редакцией доктора технических наук, академика АВН Северова Н.В. – Химки: АГЗ МЧС России, 2014. – 378 с. | 2798К, 2799К |
| <b>Наставления, руководства и др.</b> |   |              |
| 4                                     | Наставление по организации и технологии ведения АСДНР при ЧС. Часть 2. Организация и технология ведения АСДНР при землетрясениях. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2000. – 312 с  | 786у         |
| 5                                     | Северов Н.В. Применение робототехники в ЧС: теория и практика. Монография. - Новогорск: АГЗ МЧС России, 2010. – 180 с.  | 1968к        |

***Образец оформления титульного листа***

**Академия гражданской защиты  
Командно-инженерный факультет  
Кафедра спасательных робототехнических средств**

**КУРСОВАЯ (КОНТРОЛЬНАЯ) РАБОТА**

по дисциплине: «Применение робототехнических средств в ЧС»

**Тема: «Расчёт эффективности применения робототехнических средств  
и комплексов при проведении аварийно-спасательных работ»**

Выполнил:

(студент, курсант, слушатель) \_\_\_\_\_ учебной группы  
факультета \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(воинское звание, фамилия, имя и отчество)

Проверил:

\_\_\_\_\_  
(воинское звание, фамилия, имя и отчество)

## 1. Исходные данные для расчета

25.06 в 12:30 в результате взрыва на ВПОО произошёл выброс взрывчатых веществ (боеприпасов) на расстояние до 5000 м.

К моменту начала АСР очаги пожаров локализованы. Однако существует опасность повторных взрывов.

Разброс осколков ВОП с повреждённого объекта захватил прилегающие территории селитебной зоны.

Сводный спасательный отряд из подразделений ЦСООР Лидер, ВНИИПО, отряда «Центроспас» МЧС России получил распоряжение Министра РФ на применение спасательной робототехники в зоне ЧС.

Вариант для расчёта выполнения курсовой работы:

### Исходные данные для расчета

| № вар.         | № исх. обстан. | $P_{ду}$       | $P_{ро}$     | $P_{бш}$        | $P_{срнп}$      | $P_{экип}$            | $V_{ртс}$       | $V_{эк}$        | $V_{нус}$ |
|----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 51             | 3              | 0,32           | 0,28         | 0,3             | 0,32            | 0,28                  | 220             | 180             | 260       |
| $P_{нп}^{ртс}$ | $P_{нп}^{эк}$  | $P_{нп}^{нус}$ | $\alpha_{п}$ | $C_{вз}^{эк}$   | $C_{вз}^{ртс}$  | $C_{ртс}$<br>млн руб. | $Q_{вз}$        | $C_{п}$         | $N_{сз}$  |
| 0,28           | 0,21           | 1              | 0,9          | 26              | 17              | 17                    | 4               | 1588            | 9         |
| $H_z$          | $v_z$          | $P_{оф}$       | $P_{тмц}$    | $P_{им}$        | $P_{л}$         | $P_{р}$               | $P_{гп}$        | $P_{гтл}$       | $P_{тп}$  |
| 0,5            | 1              | 55             | 23           | 12              | 16              | 5                     | 24              | 32              | 6,5       |
| $P_{гтл}$      | $P_{нп}$       | $P_{зп}$       | $P_{ш}$      | $\mathcal{E}_а$ | $\mathcal{E}_в$ | $\mathcal{E}_п$       | $\mathcal{E}_б$ | $\mathcal{E}_о$ |           |
| 10             | 20             | 14             | 2,6          | 7,2             | 0               | 0                     | 0               | 3,7             |           |

### Порядок расчёта

Вероятность безотказной работы средства:

$$P_{бр} = 1 - (1 - P_{ду}) \cdot (1 - P_{ро}) \cdot (1 - P_{бш});$$

$$P_{бр} = 1 - (1 - 0,32) \cdot (1 - 0,28) \cdot (1 - 0,3) = 0,66.$$

Вероятность выполнения средством спасательной задачи:

$$P_{вз} = P_{бр} \cdot P_{срнп} \cdot P_{экип};$$

$$P_{вз} = 0,66 \cdot 0,32 \cdot 0,28 = 0,06.$$

Коэффициенты технического совершенства РТС:

степень влияния применения РТС на темп (производительность) выполнения спасательной задачи:

$$K_{\gamma} = K_V = \frac{V_{\text{РТС}} - V_{\text{ЭК}}}{V_{\text{НУС}}};$$

$$K_V = \frac{220 - 180}{260} = 0,15 \text{ м}^3.$$

$$\eta_{\gamma} = \eta_V = \frac{K_V}{K_{\text{ОПТ}}^V};$$

$K_{\text{ОПТ}}^V$  – соответствующий базовый показатель качества под номером  $V$  при применении «идеального» РТС и соответствует вероятности безотказной работы средства

$$\eta_V = \frac{0,15}{0,66} = 0,23.$$

Степень снижения риска при применении РТС:

$$K_{\gamma} = K_r = \frac{P_{\text{НП}}^{\text{РТС}} - P_{\text{НП}}^{\text{ЭК}}}{P_{\text{НП}}^{\text{НУС}}};$$

$$K_r = \frac{0,28 - 0,21}{1} = 0,07.$$

$$\eta_r = \frac{K_r}{K_{\text{ОПТ}}^r};$$

$K_{\text{ОПТ}}^r$  – соответствующий базовый показатель  $r$  при применении «идеального» РТС и соответствует вероятности выполнения средством спасательной задачи

$$\eta_r = \frac{0,07}{0,06} = 1,17.$$

Степень выполнения оперативных требований при применении РТС в ЧС

$$K_{\gamma} = K_{\text{ЭФ}} = \alpha_{\text{п}} \cdot K_V + (1 - \alpha_{\text{п}}) \cdot K_r;$$

$$K_{\text{ЭФ}} = 0,9 \cdot 0,15 + (1 - 0,9) \cdot 0,07 = 0,14.$$

$$\eta_{\text{ЭФ}} = \frac{K_{\text{ЭФ}}}{K_{\text{ОПТ}}^{\text{ЭФ}}};$$

$K_{\text{опт}}^{\text{эф}}$  – соответствующий базовый показатель идеального РТС по выполнению оперативных требований и соответствует вероятности дистанционного управления РТС

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{0,14}{0,32} = 0,44.$$

Степень влияния применения РТС на полную стоимость выполнения спасательной задачи в ЧС

$$K_{\gamma} = K_c = \frac{C_{\text{вз}}^{\text{ЭК}} - C_{\text{вз}}^{\text{РТС}}}{C_{\text{вз}}^{\text{ЭК}}};$$

$$K_c = \frac{26 - 17}{26} = 0,35 \text{ млн руб.}$$

$$\eta_c = \frac{K_{\text{опт}}^c}{K_c};$$

$K_{\text{опт}}^c$  – соответствующий базовый показатель с «идеального» РТС и соответствует начальной стоимости РТС

$$\eta_c = \frac{17}{0,35} = 48,6 \text{ млн руб.}$$

Эффективность при сравнительной оценке различных альтернативных вариантов РТС

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{ртс}}}{P_{\text{бр}}^{\text{ртс}}};$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{17}{0,66} = 25,8 \text{ млн руб.}$$

удельная стоимость РТС

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{ртс}}}{(K_{\text{эф}} \cdot 100)};$$

$$C_{\text{уд}} = \frac{17}{(0,15 \cdot 100)} = 1,13 \text{ млн руб.}$$

удельные затраты на выполнение спасательной операции

$$\mathcal{E}_l = \frac{C_{\text{вз}}^{\text{РТС}}}{\eta_c};$$

$$\mathcal{E}_l = \frac{17}{48,6} = 0,35 \text{ млн руб.}$$

Стоимость единицы объёма выполненной спасательной задачи в ЧС с применением РТС

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{пр}} &= \frac{C_{\text{вз}}^{\text{ртс}}}{K_{\text{эф}} \cdot Q_{\text{вз}}}; \\ \mathcal{E}_{\text{пр}} &= \frac{17}{0,14 \cdot 4} = 30,36 \text{ млн руб.} \end{aligned}$$

Условно минимальная степень полезности РТС

$$\begin{aligned} M_{\text{пол}} &= \frac{C_{\text{п}}}{C_{\text{ртс}}}; \\ M_{\text{пол}} &= \frac{1588}{17} = 93,41 \text{ млн руб.} \end{aligned}$$

Показатель эффективности – степень  $M_y$  универсальности РТС, который рассчитывается по критерию Лапласа

$$M_y = \sum_{Z=1}^{N_{\text{сз}}} \nu_z H_z;$$

В условиях неопределённости критерий Лапласа рассчитывается по формуле

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{1}{N_{\text{сз}}} \sum_{Z=1}^{N_{\text{сз}}}; \\ M_y &= \frac{1}{9} \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,06. \end{aligned}$$

Эффективность проведения спасательной операции – условный приведённый ожидаемый ущерб

$$\bar{\mathcal{E}}_{\text{чс}} = \frac{\Pi_a}{K_{\text{оп}}};$$

$K_{\text{оп}}$  – соответствующий базовый показатель соответствует степени выполнения оперативных требований при применении РТС в ЧС

$\Pi_a$  – ожидаемый полный ущерб при ЧС

$$\Pi_a = \sum_{i=1}^N \Pi_i ;$$

$$P_a = 55 + 23 + 12 + 16 + 5 + 24 + 32 + 6,5 + 10 + \\ + 20 + 14 + 2,6 + 7,2 + 3,7 = 231 \text{ млн руб.}$$

при этом

$P_{пп}$  – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект = 90 млн руб.;

$P_{ла}$  – затраты на локализацию / ликвидацию и расследование аварии = 21 млн руб.;

$P_{сэ}$  – социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей) = 72,5 млн руб.;

$P_{нв}$  – косвенный ущерб = 36,6 млн руб.;

$P_{экол}$  – экологический ущерб (урон, нанесённый объектам окружающей природной среды) = 10,9 млн руб.

$$\mathcal{E}_{чс} = \frac{231}{0,15} = 1588 \text{ млн руб.}$$

## Сводная таблица полученных результатов

|                            |        |  |       |
|----------------------------|--------|--|-------|
| № вар.                     | 51     | $\mathcal{E}_1$                            | 0,35  |
| № исх. обстан.             | 3      | $\mathcal{E}_{\text{пр}}$                  | 30,36 |
| $P_{\text{бр}}$            | 0,66   | $M_{\text{пол}}$                           | 93,41 |
| $P_{\text{вз}}$            | 0,06   | $M_y$                                      | 0,06  |
| $K_V$                      | 0,15   | $\bar{\mathcal{E}}_{\text{чс}}$ , млн руб. | 1588  |
| $K_r$                      | 0,07   | $P_a$ , млн руб.                           | 231   |
| $K_{\text{эф}}$            | 0,14   | $P_{\text{пп}}$ , млн руб.                 | 90    |
| $K_c$                      | 0,35   | $P_{\text{ла}}$ , млн руб.                 | 21    |
| $\eta_V$                   | 0,23   | $P_{\text{сэ}}$ , млн руб.                 | 72,5  |
| $\eta_r$                   | 1,17   | $P_{\text{нв}}$ , млн руб.                 | 36,6  |
| $\eta_{\text{эф}}$         | 0,44   | $P_{\text{экол}}$ , млн руб.               | 10,9  |
| $\eta_c$                   | 48,6   |  |       |
| $C_{\text{пр}}$ , млн руб. | 25,864 |  |       |
| $C_{\text{уд}}$ , млн руб. | 1,13   |  |       |

**Предложения в решение руководителя на проведение АСР  
с применением РТС**

1. Проведённая разведка и рекогносцировка разрушенного участка местности зоны ЧС силами сводного отряда доложила, что:

25.06 в 12:30 в результате взрыва на ВПОО произошёл выброс взрывчатых веществ (боеприпасов) на расстояние до 5000 м, разброс осколков ВОП с повреждённого объекта захватил прилегающие территории селитебной зоны;

площадь поражения составила – 78 км<sup>2</sup>, при этом:

тип зданий, подвергшихся разрушению – смешанного типа и состоят из кирпича, железобетона, металлических конструкций;

в количестве – 7 зданий;

количество пострадавших – 17 чел;

погибших – 28 чел.

2. Объём выполняемых задач с применением робототехнических средств – 4, а именно (разведка, извлечение (захват) ВОП, укладка в контейнер-локализатор, выполнение некоторых специальных технологических операций).

3. В сложившихся условиях наличия опасных факторов существует высокая угроза жизни спасателей, что требует незамедлительного применения робототехнических средств, при этом:

вероятность безотказной работы РТС – 0,66, что соответствует среднему уровню готовности средства к применению в указанной ЧС;

вероятность выполнения средством спасательной задачи – 0,06, указывает на не характерность средства выполняемым задачам;

по обеспечению темпа выполнения спасательной задачи – 0,23 показывает увеличение объёмов, выполненных работ по сравнению с традиционными экипажными средствами, что в итоге повлияет на время проведения спасательной операции и величину ущерба;

степень снижения риска при применении РТС в ЧС – 1,17, соответствует 117% не поражения спасателей при применении РТС в ЧС (по сравнению с экипажными машинами);

степень влияния применения РТС на полную стоимость выполнения спасательной задачи в ЧС – 48,6 млн руб., оценочная стоимость выполнения в ЧС спасательной задачи с применением соответственно экипажных машин и РТС;

удельная стоимость РТС – 1,13 млн. руб., что соответствует уровню эффективности применения РТС при выполнении спасательных операций в зоне ЧС;

удельные затраты на выполнение спасательной операции – 0,35 млн руб., увеличение величины ущерба от ЧС с применением РТС;

обобщённый показатель эффективности РТС – 30,36 млн руб., что соответствует приведенной стоимости единицы объёма выполненной спасательной задачи в ЧС с применением РТС;

показатель эффективности РТС, минимальная степень полезности РТС – 93,41, соответствует величине ожидаемого ущерба для государства при гибели или ранении спасателя;

показатель эффективности – степень универсальности РТС – 0,06, что соответствует приспособленности РТС к выполнению различных спасательных задач за счёт использования сменного рабочего оборудования на РТС и сменного рабочего инструмента для манипулятора;

показатель эффективности проведения спасательной операции – условный приведённый ожидаемый ущерб – 1588 млн руб., что соответствует ожидаемому полному ущербу при ЧС, при этом величины:

полного ущерба от аварии – 231 млн руб.;

прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект – 90 млн руб.;

затраты на локализацию / ликвидацию и расследование аварии – 21 млн руб.;

социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей) – 72,5 млн руб.;

косвенный ущерб – 36 млн руб.;

экологический ущерб – 10,90 млн руб.;

4. Задачи робототехническим подразделениям МЧС России:

Проведение разведки с применением БАС отряда «Центроспас», локализация и тушение очагов пожара с применением РТС ВНИИПО МЧС России, проведение пиротехнических, земляных, погрузочно-разгрузочных работ с ВОП силами и средствами ЦСООР Лидер.

5. Время начала работ в 13:00, окончание работ в 21:00, в 3 смены. Командирам график работ своих подразделений проработать и составить самостоятельно.

6. Систему связи и управления осуществлять через выделенные средства и каналы связи в установленном порядке.

7. Место расположения КНП руководителя ликвидации ЧС в 100 м Северо-западнее главного Административного корпуса, а его заместителя в главном корпусе.

« » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

подпись

Ф.И.О.

**Пример оформления ситуационного плана  
(Решение руководителя на ликвидацию ЧС)**



подпись

Ф.И.О.

**Условные обозначения**

-  - Пункт сбора пострадавших
-  - Направление ветра
-  - Направление ввода/вывода спасательных подразделений
-  - Маршрут движения спасательных подразделений
-  - Командно-наблюдательный пункт руководителя
-  - Локальный пожар
-  - Порядковый номер поврежденного здания
-  - Рубеж ввода/вывода на участок работ спасательных подразделений
- СвО  
21:00 25.06 - Наименование спасательного подразделения  
время и дата ввода/вывода сил и средств из зоны ЧС