

9. Захарова М.И. Оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при аномальных метеоусловиях Севера // Проблемы анализа риска. – 2018. - Т. 15. - № 2. – С. 78 – 85

10. Меньшиков П.В. Факторы влияющие на интенсивность ударной воздушной волны / П.В. Меньшиков // Технология и безопасность взрывных работ: материалы научно - технической конференции «Развитие ресурсосберегающих технологий во взрывном деле». - Екатеринбург. - 2011 г. - С. 246 - 255.

Сведения об авторе

Захарова Марина Ивановна, ведущий научный сотрудник, Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ИФТПС СО РАН), 677891, г. Якутск, ул. Октябрьская 1, рабочий телефон: (4112) 39-05-52, e-mail: marine3@yandex.ru

УДК 614.8, 519.8, 51-7

DOI: 10.36535/0869-4179-2021-03-7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОБОРУДОВАНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ ПУНКТА ПОЛЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Доктор техн. наук *В.А. Седнев*

Академия государственной противопожарной службы МЧС России

А.В. Седнев

Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

Рассмотрено применение метода статистических испытаний для организации выполнения первоочередных инженерных задач спасательными формированиями и разработан научно-методический подход повышения эффективности применения аварийно-спасательных подразделений в районе чрезвычайной ситуации на примере оборудования и содержания ими пункта полевого водоснабжения.

Ключевые слова: спасательное формирование, организация выполнения задач, эффективность, инженерное обеспечение, поддержка принятия решений.

HARDWARE TASK EXECUTION SIMULATION AND THE CONTENT OF THE FIELD WATER SUPPLY POINT

Dr (Tech) *V.A. Sednev*
Academy of state fire service of EMERCOM of Russia

A.V. Sednev

Moscow state technical University them. N. E. Bauman (national research University)

The article considers the application of the method of statistical tests for organizing the implementation of priority engineering tasks by rescue units and develops a scientific and methodological approach to improving the efficiency of the use of emergency units in the area of an emergency situation on the example of equipment and maintenance of a field water supply point.

Keywords: rescue formation, organization of tasks, efficiency, engineering support, decision support.

Применение метода статистических испытаний рассмотрено на примере оборудования и содержания пункта полевого водоснабжения [1-3]. При этом требуется разработать математическую модель и оценить эффективность выполнения задачи аварийно-спасательным подразделением (АСП) в районе чрезвычайной ситуации.

Исходные данные об обстановке, характере, объемах и вариантах организации выполнения задачи, о составе и оснащении подразделения необходимо определить на основе существующих положений и нормативов.

В исходных данных об обстановке в числе других требуется предусмотреть следующие данные:

масштаб и вид, особенности обеспечиваемых действий, роль и место в них выполняемой задачи инженерного обеспечения [4-24];

характер и степень возможного воздействия в районе чрезвычайной ситуации;

район действий и его характеристики;

время года, суток, метеоусловия на период выполнения задачи.

Вероятности случайных событий, законы распределения случайных величин и их параметры задаются с учетом опыта выполнения задач.

1. Постановка задачи

Моделируется выполнение задачи аварийно-спасательным подразделением (АСП) по оборудованию и содержанию пункта полевого водоснабжения в интересах пострадавшего населения, при этом предполагается, что пункт полевого водоснабжения оборудуется в безопасном районе на поверхностном источнике с использованием войсковой фильтровальной станции ВФС-10 и подземном источнике с использованием УДВ-15 (рис. 1).

Человеку в сутки требуется 10-12 литров чистой воды, при этом существуют два способа снабжения ею: подвоз очищенной воды или ее забор из имеющегося источника с последующей очисткой. Во втором случае для водоснабжения используют фильтровальные станции.

По прибытии на место работы расчет (отделение ВФС), состоящий из четырех человек, должен подготовить площадку и развернуть на ней средства фильтровальной станции. На развертывание фильтровальной станции ВФС-10 требуется 1,5-2 ч. Летом процесс подготовки к работе занимает меньше времени, чем зимой. Производительность – до 10 тыс. литров воды в час.

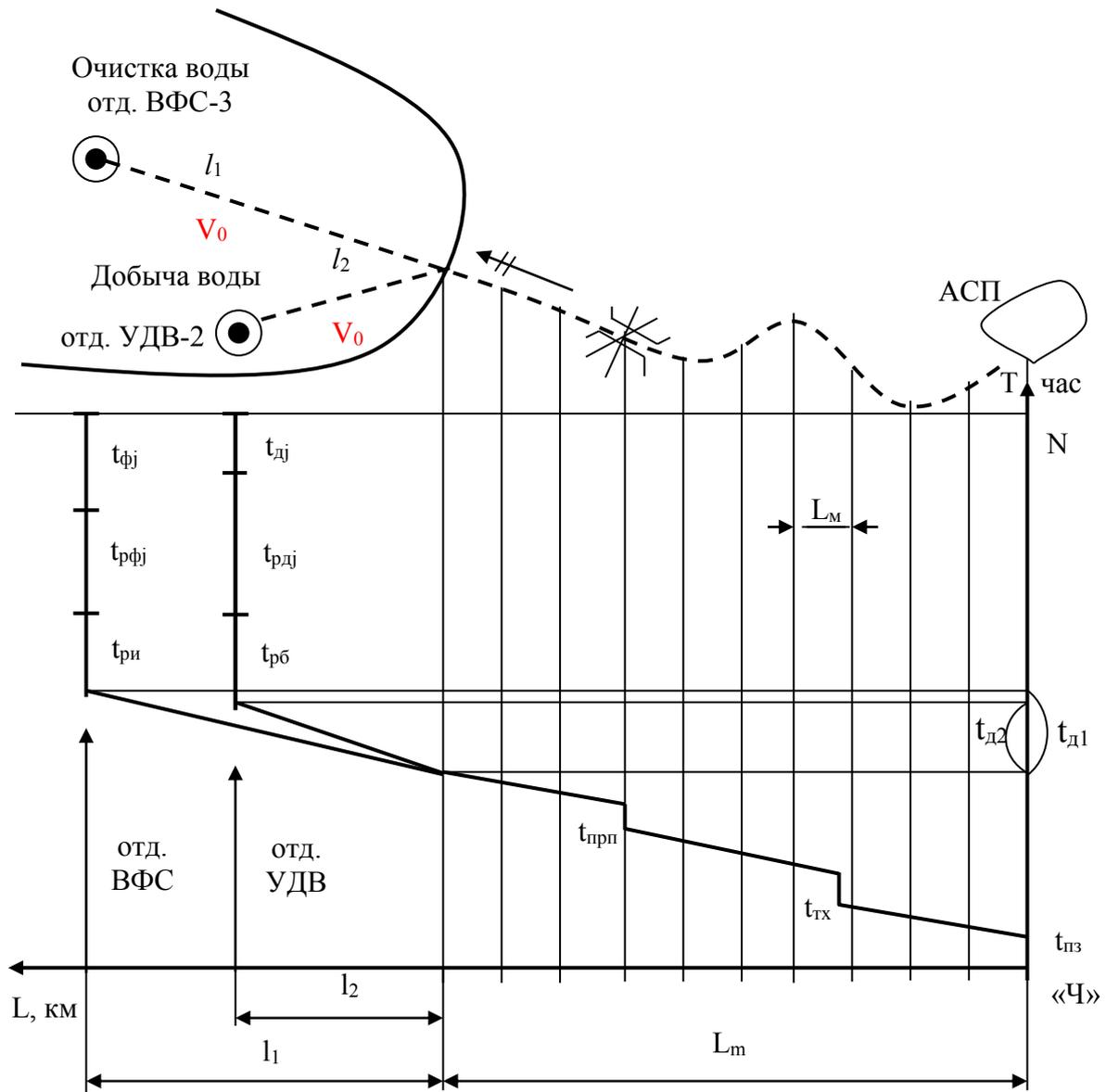


Рис. 1. Схема выдвигания аварийно-спасательного подразделения для выполнения задачи и расчетная схема выполнения задачи [1, 3]

Установка УДВ-15 предназначена для добычи воды путём бурения скважин в породах категории буримости 1-4, работает в автономном режиме и ее технические характеристики позволяют производить бурение скважин на глубину до 16 метров. Установка позволяет пробурить скважину диаметром 120 мм. Подача воды из скважины производится как ручным насосом, так и электрическими насосами различных модификаций.

С помощью модели предполагается оценить эффективность выполнения задачи к установленному сроку «Ч»+N час. В качестве критерия эффективности принимается математическое ожидание количества очищенной и добытой к этому сроку воды на пункте полевого водоснабжения, где «Ч» - время начала постановки задачи спасательному подразделению в пункте его сосредоточения.

Спасательное подразделение в составе трех отделений очистки воды и 2-х отделений добычи воды в течение времени $t_{пз}$, получив задачу и подготовившись к ее выполнению, выдвигается (рис. 1) в район выполнения задачи по указанному маршруту общей протяженностью L_m (км) со скоростью V_m (км/ч).

При выдвигении скорость V_m непостоянна, также могут возникать непредвиденные задержки по техническим причинам и из-за встречающихся на маршруте препятствий. С прибытием в район выполнения задачи спасательное подразделение (без двух отделений добычи воды УДВ) следует к месту оборудования пункта полевого водоснабжения на поверхностном источнике, удаленном на расстояние l_1 со скоростью V_0 ; два отделения добычи воды выдвигаются для оборудования пункта полевого водоснабжения на подземном источнике на расстояние l_2 со скоростью V_0 .

На местах выполнения задачи последовательно производятся следующие работы: каждым отделением очистки воды (ВФС-10):

- разведка источников воды в течение времени $t_{ри}$ час;
- развертывание средств очистки воды - в течение времени $t_{рф}$, час, в том числе: установка отстойников; наполнение их водой; выдерживание воды в отстойниках; пропуск воды через войсковую фильтровальную станцию и создание нормативного запаса чистой воды;
- обеспечение разбора чистой воды в течение времени t_f , час.

Определяющими факторами при этом являются:

- время, отводимое на выполнение задачи;
- протяженность маршрута выдвигения АСП в район выполнения задачи;
- объемы воды и степень ее загрязненности в поверхностных водоисточниках;
- затраты времени на выполнение технологических операций по развертыванию очистительных средств с учетом местных условий работы;
- фактическая производительность фильтрации (пропуска воды через войсковую фильтровальную станцию) и наполнения резервуаров;

каждым отделением добычи воды (УДВ-15):

- разведка мест бурения скважины в течение времени $t_{рб}$, час;
- развертывание установки добычи воды и оборудование скважины в течение времени $t_{рд}$, час, в том числе: бурение скважины; откачка воды до осветления; создание нормативного запаса чистой воды; обеспечение разбора добытой воды - в течение времени t_d , час.

Определяющими факторами при этом являются:

- время, отводимое на выполнение задачи;
- протяженность маршрута выдвигения АСП в район выполнения задачи;
- глубина водоносного слоя;
- темп бурения скважины с учетом грунтовой обстановки;
- фактическая производительность УДВ.

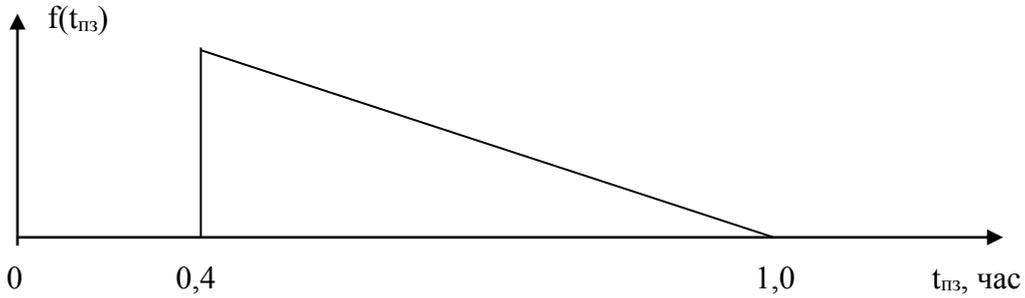
С целью учета неоднородности маршрута по скорости его прохождения весь маршрут условно разбивается на 10 одинаковой протяженности участков ($L_m/10$). Для каждого участка моделируется своя скорость его прохождения V_m в предположении, что в пределах участка она практически не изменяется.

Работа отделений осуществляется параллельно. В модели учитываются следующие условия выполнения задачи: лето, Средне-Восточный район, светло, радиоактивное и бактериологическое заражение местности и источников воды отсутствует, грунт средний II и III категорий, местность среднепересеченная. Глубина залегания водоносного слоя - от 5 до 10 метров; поверхностные источники удовлетворяют требованиям их использования.

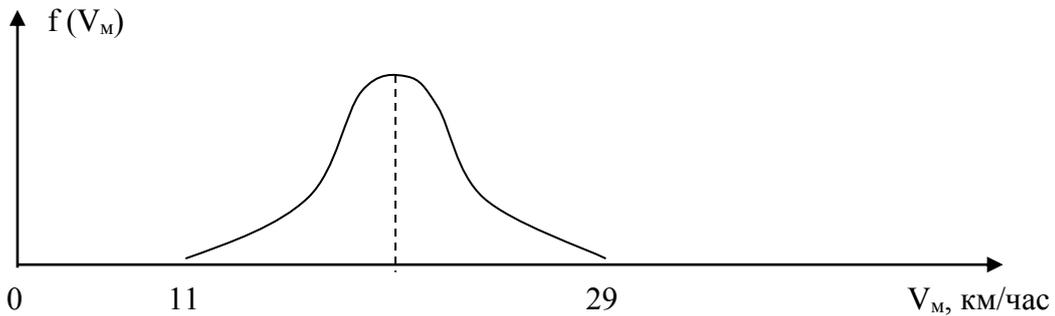
Скорости передвижения подразделений, темпы и производительности работ, затраты времени на выполнение элементов задачи, количество непредвиденных задержек на маршруте выдвигения и время каждой такой задержки рассматриваются как случайные величин-

ны, законы распределения которых установлены на основе опыта выполнения задач, учений, тактико-специальных занятий, а также путем экспертного опроса, и имеют следующий вид:

- 1) время постановки задачи и подготовки к ее выполнению;



- 2) скорость движения АСП на маршруте, $M_{V_M}=20$ км/час, $\sigma_{V_M}=3$ км/час;



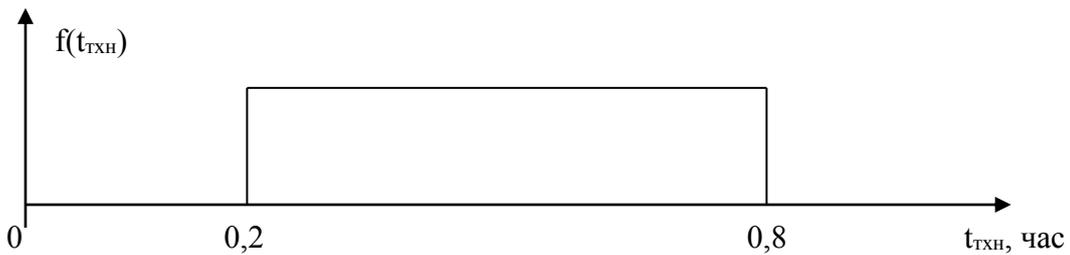
- 3) количество задержек на маршруте по техническим причинам $K_{ТХН}$;

$K_{ТХН}$	0	1	2	3
$P_{ТХН}$	0,1	0,6	0,2	0,1

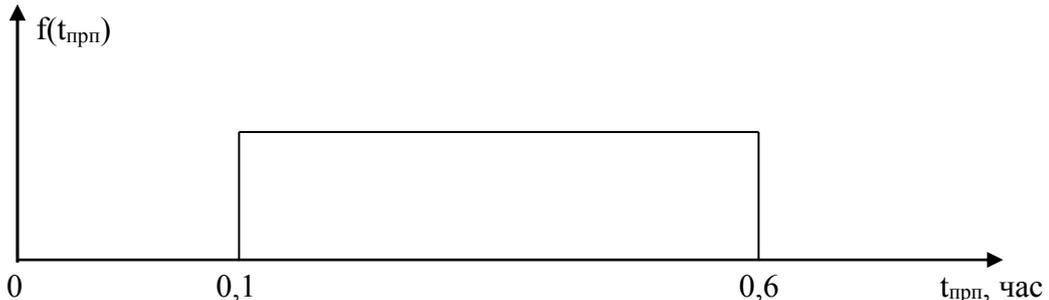
- 4) количество задержек на маршруте из-за препятствий $K_{прп}$;

$K_{прп}$	0	1	2	3	4
$P_{прп}$	0,05	0,1	0,6	0,2	0,05

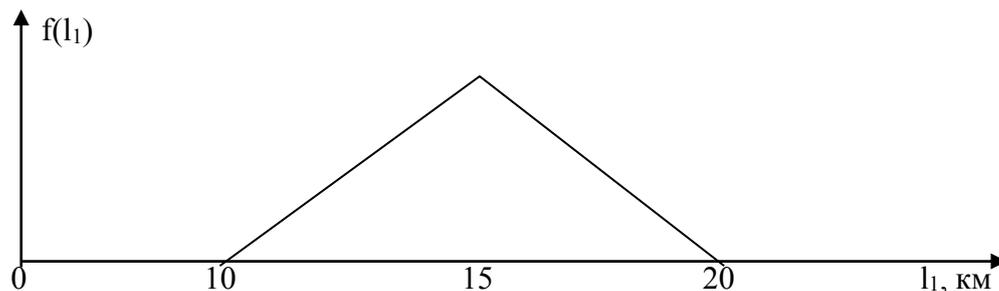
- 5) продолжительность задержки на маршруте по технической причине;



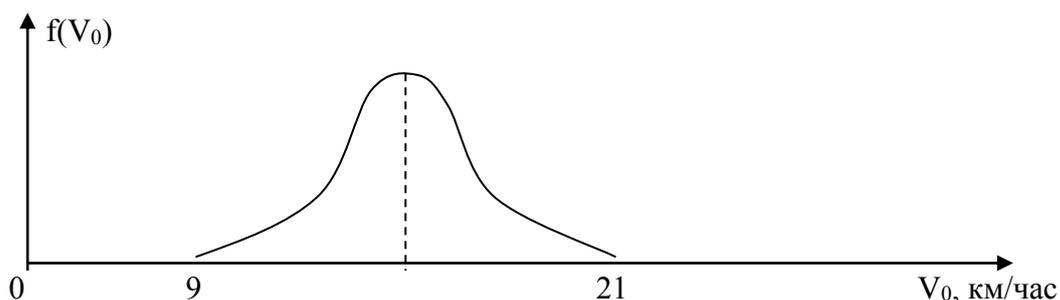
- 6) продолжительность задержки на маршруте из-за препятствия;



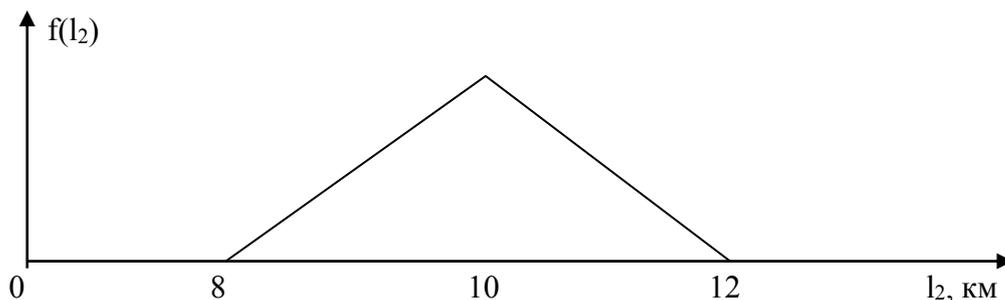
7) протяженность пути выдвижения отделения ВФС к месту работ;



8) скорость движения отделений непосредственно к местам работ, $M_{V_0}=15$ км/час, $\sigma_{V_0}=2$ км/час;



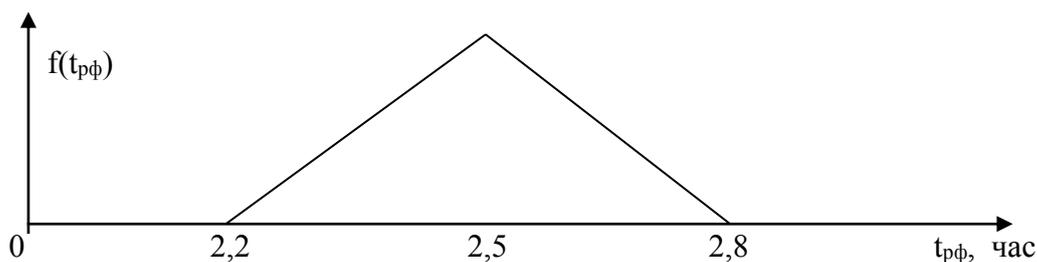
9) протяженность пути выдвижения отделений УДВ к месту работ;



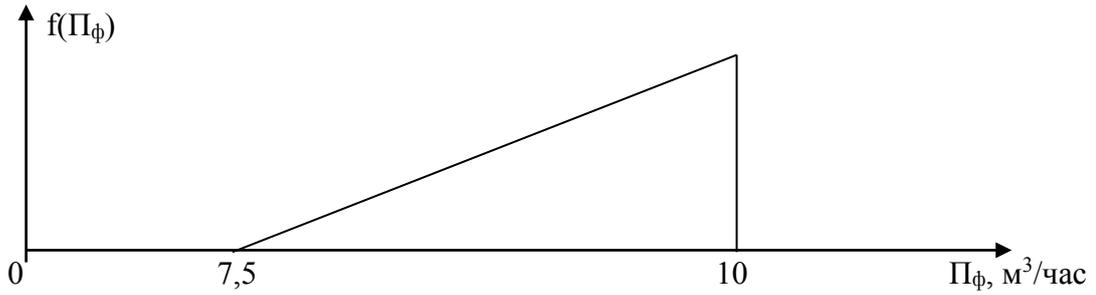
10) продолжительность разведки поверхностного источника воды;



11) продолжительность развертывания средств очистки воды (ВФС) на месте работ;



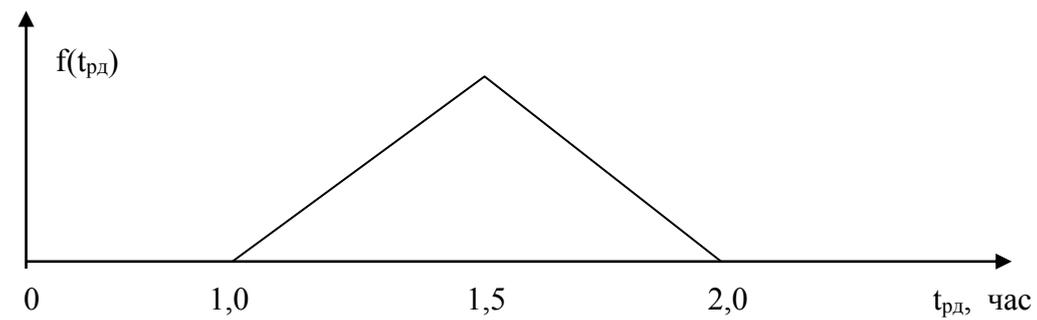
12) производительность войсковой фильтровальной станции;



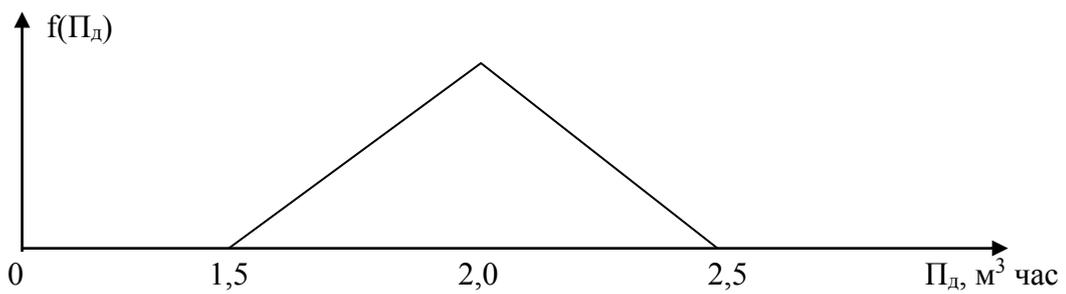
13) продолжительность разведки места бурения скважины для УДВ;



14) продолжительность развертывания средств добычи воды (УДВ) и оборудования скважины;



15) производительность УДВ;



Выходные данные - результаты расчета

Числовые характеристики количества очищенной и добытой воды к Ч + N час				
Вид работы	Математическое ожидание, м³	Дисперсия	СКО, м³	Коэффициент вариации
очистка				
добыча				

Исходная информация: L_m - протяженность маршрута выдвижения АСП из пункта сосредоточения до района выполнения задачи, км; N - время, отводимое на выполнение задачи, час.

2. Математическая формулировка задачи

Из-за большого числа факторов вероятностного характера в их сложной взаимозависимости в основу разработки модели положен метод статистических испытаний, как наиболее эффективный в данной постановке задачи.

2.1. Основные расчетные зависимости

Общее время, отводимое на выполнение задачи, $T_{\text{зад}} = N$ час. Общее количество очищенной и добытой воды к «Ч»+ N час определяется из выражения:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{п1}} + Q_{\text{п2}}, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где: $Q_{\text{п1}}$ - количество очищенной воды из наземных источников:

$$Q_{\text{п1}} = \sum_{j=1}^3 Q_{\text{фj}}, \text{ м}^3 \quad (2)$$

где: $Q_{\text{фj}}$ - количество воды, очищенной j -той ВФС, м^3 :

$$Q_{\text{фj}} = \Pi_{\text{фj}} \cdot t_{\text{фj}}, \quad (3)$$

$$\text{за время, час: } t_{\text{фj}} = T_{\text{зад}} - (t_{\text{пз}} + t_{\text{м}} + t_{\text{д1}} + t_{\text{ри}} + t_{\text{рфj}}) \quad (4)$$

(если $t_{\text{пз}} + t_{\text{м}} + t_{\text{д1}} + t_{\text{ри}} + t_{\text{рфj}} > T_{\text{зад}}$, то $t_{\text{фj}} = 0$);

где: $t_{\text{пз}}$ - время постановки задачи АСП и подготовки к ее выполнению; $t_{\text{м}}$ - время выдвижения АСП в район выполнения задачи, час:

$$t_{\text{м}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{здж}}, \quad (5)$$

где: $t_{\text{дв}}$ - время непосредственного движения АСП, час:

$$t_{\text{дв}} = \frac{L_m}{10} * \sum_{j=1}^{10} \frac{1}{V_{Mj}}, \quad (6)$$

$t_{здж}$ - общее время непредвиденных задержек, час:

$$t_{здж} = \sum_{j=1}^{K_{мхн}} t_{мхнj} + \sum_{j=1}^{K_{нрп}} t_{нрпj}, \quad (7)$$

$t_{д1}$ - время движения АСП (без 2-х отделений УДВ) к месту выполнения работ по очистке воды, час:

$$t_{д1} = \frac{l_1}{V_0}, \quad (8)$$

$t_{ри}$ - время разведки поверхностного источника воды, час; $t_{рфj}$ - время развертывания j -той ВФС, час;

$Q_{п2}$ - количество добытой воды из подземных источников:

$$Q_{п2} = \sum_{j=1}^2 Q_{dj}, \text{ м}^3 \quad (9)$$

где: Q_{dj} - кол-во воды, добытой j -той УДВ, м^3

$$Q_{dj} = \Pi_{dj} * t_{dj}, \quad (10)$$

за время, час: $t_{dj} = T_{зад} - (t_{пз} + t_m + t_{д2} + t_{рб} + t_{рдж}) \quad (11)$

(если $t_{пз} + t_m + t_{д2} + t_{рб} + t_{рдж} > T_{зад}$, то $t_{dj} = 0$),

где: $t_{д2}$ – время движения отделений УДВ к месту добычи воды, час:

$$t_{dj} = \frac{l_2}{V_0}, \quad (12)$$

$t_{рб}$ - время разведки места бурения скважины, час; $t_{рдж}$ - время развертывания j -той УДВ и оборудования скважины, час.

2.2. Преобразующие функции для моделирования случайных величин

$$t_{пз} = 1 - 0,6\sqrt{\eta}; \quad (13)$$

$$V_m = 20 + 3\eta_n; \quad (14)$$

где

$$\eta_n = \left(\sum_{j=1}^6 \eta_j - 3 \right) \sqrt{2}; \quad (15)$$

$$t_{mxn} = 0,2 + 0,6\eta; \quad (16)$$

$$t_{npi} = 0,1 + 0,5\eta; \quad (17)$$

$$l_1 = 10 + 5(\eta_1 + \eta_2); \quad (18)$$

$$V_0 = 15 + 2\eta_n; \quad (19)$$

$$l_2 = 8 + 2(\eta_1 + \eta_2); \quad (20)$$

$$t_{pi} = 0,3 + 0,3\eta; \quad (21)$$

$$t_{p\phi} = 2,2 + 0,3(\eta_1 + \eta_2); \quad (22)$$

$$П_{\phi} = 7,5 + 2,5\sqrt{\eta}; \quad (23)$$

$$t_{p\sigma} = 0,4 + 0,4\eta; \quad (24)$$

$$t_{p\delta} = 1 + 0,5(\eta_1 + \eta_2); \quad (25)$$

$$П_{\phi} = 1,5 + 0,5(\eta_1 + \eta_2). \quad (26)$$

2.3. Условия для моделирования случайных дискретных величин

а) количество задержек по техническим причинам $K_{тхн}$:

$$K_{тхн} = \begin{cases} 0, & \text{если } \eta \leq 0,1 \\ 1, & \text{если } 0,1 < \eta \leq 0,7 \\ 2, & \text{если } 0,7 < \eta \leq 0,9 \\ 3, & \text{если } \eta > 0,9 \end{cases}; \quad (27)$$

б) количество задержек из-за препятствий $K_{прп}$:

$$K_{прп} = \begin{cases} 0, & \text{если } \eta \leq 0,05 \\ 1, & \text{если } 0,05 < \eta \leq 0,15 \\ 2, & \text{если } 0,15 < \eta \leq 0,75 \\ 3, & \text{если } 0,75 < \eta \leq 0,95 \\ 4, & \text{если } \eta > 0,95 \end{cases} \quad (28)$$

2.4. Формулы для вычисления числовых характеристик количества выдаваемой воды к «Ч»+N час

а) математическое ожидание, м³:

$$M_q = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} Q_i; \quad (29)$$

где $M_q = M_q$, либо M_{q1} , либо M_{q2} ;
 $Q_i = Q_{общ}$, либо $Q_{п1i}$, либо $Q_{п2i}$;

б) дисперсия:

$$D_q = \frac{1}{99} \sum_{i=1}^{100} (Q_i - M_q)^2; \quad (30)$$

где $D_q = D_q$, либо D_{q1} , либо D_{q2} ;

в) среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma_q = \sqrt{D_q} \text{ м}^3; \quad (31)$$

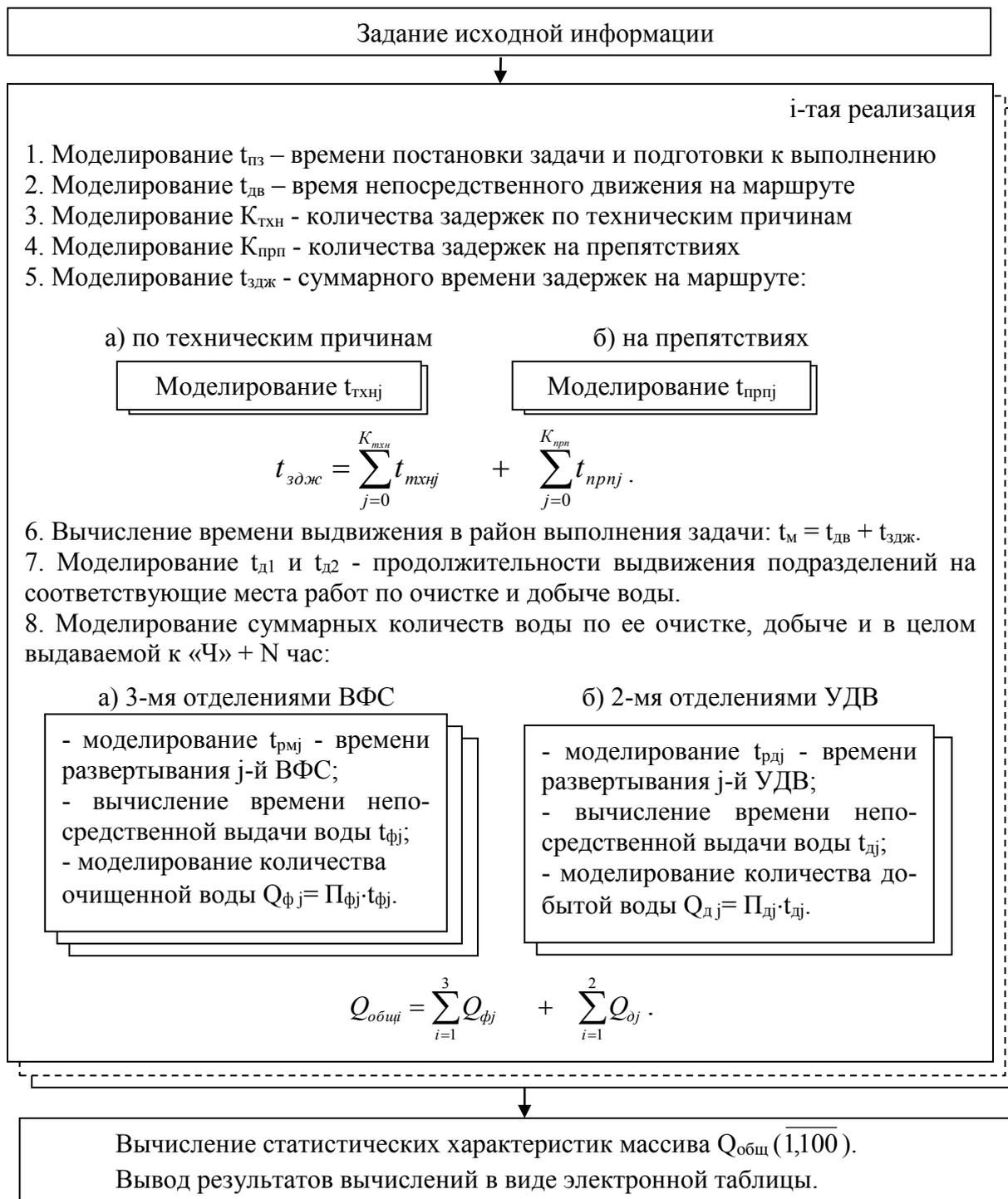
где σ_q , либо σ_{q1} , либо σ_{q2} ;

г) коэффициент вариации:

$$C_q = \frac{\sigma_q}{M_q}; \quad (32)$$

где $C_q = C_q$, либо C_{q1} , либо C_{q2} .

3. Алгоритм задачи



4. Выдача результатов решения в виде электронной таблицы

Таблица 1

Наименование переменных	Обозначение переменных	Исходные данные	Размерность	Номер реализации	
				1	2
Протяженность маршрута		50,00	км	50,000	50,000
Время выполнения задачи Tзад		20,00	час	20,000	20,000
Время постановки задачи min	Tпз min	0,40	час		
Время постановки задачи max	Tпз max	1,00	час		

Научно-теоретические и инженерно-технические разработки

Наименование	Обозначение	Исходные	Размер-	Номер реализации	
	Тпз		час	0,768	0,834
Мат. ожидание скор. движ. на10 уч-х	MVm	26,00	км/час		
Дисперсия скор. движ. на 10 уч-х	DVm	4,00	км/час		
Скорость движения	1/Vm1		час/км	0,032	0,046
на 10-ти участках	1/Vm2		час/км	0,042	0,040
	1/Vm3		час/км	0,057	0,046
	1/Vm4		час/км	0,034	0,035
	1/Vm5		час/км	0,029	0,032
	1/Vm6		час/км	0,037	0,039
	1/Vm7		час/км	0,034	0,034
	1/Vm8		час/км	0,045	0,040
	1/Vm9		час/км	0,035	0,045
	1/Vm10		час/км	0,035	0,040
Продолж. задержки по тех. прич. min		0,20	час		
Продолж. задержки по тех. прич. max		0,80	час		
Продолж. задержки по тех. причинам	Tтехн1		час	0,275	0,674
Продолж. задержки по тех. причинам	Tтехн2		час	0,276	0,581
Продолж. задержки по тех. причинам	Tтехн3		час	0,723	0,261
Продолж. задержки на преп-х min		0,10	час		
Продолж. задержки на преп-х max		0,60	час		
Продолж. задержки на преп-х	Tпрп1		час	0,369	0,293
Продолж. задержки на преп-х	Tпрп2		час	0,158	0,343
Продолж. задержки на преп-х	Tпрп3		час	0,189	0,586
Продолж. задержки на преп-х	Tпрп4		час	0,371	0,221
Длина пути выдвигения ВФС min	L1 min	10,00	км		
Длина пути выдвигения ВФС max	L1 max	20,00	км		
	L1		км	12,290	14,424
Мат. ож. скор. дв. отд. к месту работ	MV0	15,00	км/час		
Дисперсия скор. дв. отд. к месту работ	DV0	2,00	км/час		
Скорость движ. отд. месту работ	V0		км/час	12,460	16,237
Длина пути выдв. УДВ min	L2 min	8,00	км		
Длина пути выдв. УДВ max	L2 max	12,00	км		
	L2		км	11,049	10,594
Продолж. разв. поверх. ист. воды max	Три min	0,30	час		
Продолж. разв. поверх. ист. воды min	Три max	0,60	час		
	Три		час	0,580	0,577
Время развертывания ВФС min	Трф min	2,20	час		
Время развертывания ВФС max	Трф max	2,80	час		
Время развертывания 1 ВФС	Трф1		час	2,591	2,628
Время развертывания 2 ВФС	Трф2		час	2,643	2,583
Время развертывания 3 ВФС	Трф3		час	2,405	2,370
Производительность ВФС min	Рф min	7,50	м ³ /час		
Производительность ВФС max	Рф max	10,00	м ³ /час		
Производительность 1 ВФС	Рф1		м ³ /час	9,184	8,231
Производительность 2 ВФС	Рф2		м ³ /час	9,064	8,381
Производительность 3 ВФС	Рф3		м ³ /час	9,368	9,438
Время развед. места бур. сквж. min	Трб min	0,40	час		
Время развед. места бур. сквж. max	Трб max	0,80	час		
Время развед. места бур. сквж.	Трб		час	0,596	0,548
Время развертывания УДВ min	Трд min	1,00	час		
Время развертывания УДВ max	Трд max	2,00	час		
Время развертывания 1 УДВ	Трд1		час	1,512	1,644
Время развертывания 2 УДВ	Трд2		час	1,697	1,238
Производительность УДВ min	Рд min	1,50	м ³ /час		
Производительность УДВ max	Рд max	2,50	м ³ /час		
Производительность 1 УДВ	Рд1		м ³ /час	1,965	2,091
Производительность 2 УДВ	Рд2		м ³ /час	2,377	2,135
Сл.чис.для расч.кол.зад.по тех.прич.	Y1			0,547	0,409
Количество				0	0

Научно-теоретические и инженерно-технические разработки

Наименование	Обозначение	Исходные	Размер-	Номер реализации	
задержек по				1	1
техническим				0	0
причинам				0	0
Кол-во зад. по техн.причинам	Ктхн			1	1
Сл. чис. для расч. кол. зад. из-за преп.	У2			0,195	0,244
Количество				0	0
задержек из-за				0	0
препятствий				2	2
				0	0
				0	0
Кол-во задержек из-за препятствий	Кпрп			2	2
Время от технических	0		час	0,000	0,000
задержек, если Ктхн=0,1,2,3	1		час	0,275	0,674
	2		час	0,000	0,000
	3		час	0,000	0,000
Время от технических задержек	Ттхн		час	0,275	0,674
Время задержек из-за	0		час	0,000	0,000
препятствий если	1		час	0,000	0,000
Кпрп=0,1,2,3,4	2		час	0,526	0,636
	3		час	0,000	0,000
	4		час	0,000	0,000
Время задрж.из-за преп.	Тпрп		час	0,526	0,636
Общее время непредвиденных задерж.	Тздж		час	0,802	1,310
Время непосредств. движения	Тдв		час	5,381	5,397
Время выдв. АСП в район вып. задачи	Тм		час	6,183	6,707
Время движ. АСП к месту вып. работ	Тдв1		час	0,986	0,888
Время очистки 1 ВФС	Тф1		час	8,892	8,366
Время очистки 2 ВФС	Тф2		час	8,840	8,410
Время очистки 3 ВФС	Тф3		час	9,078	8,623
Кол. воды очищенной 1 ВФС	Qф1		м ³	81,664	68,859
Кол. воды очищенной 2 ВФС	Qф2		м ³	80,128	70,488
Кол.воды очищенной 3 ВФС	Qф3		м ³	85,036	81,387
Общее кол. воды из наземн. ист.	Qн		м ³	246,828	220,733
Математическое ожидание	Мн		м ³	236,868	
Промежуточная величина	$(Q_{in}-M_n)^2$			99,187	260,335
Дисперсия	Дн			407,782	
СКО	SIGMA _н		м ³	20,194	
Коэффициент вариации	Сн			0,085	
Время дв. УДВ к месту доб. воды	Тдв2			0,887	0,652
Время добычи 1УДВ	Тд1			9,945	10,385
Время добычи 2УДВ	Тд2			10,131	9,979
Количество воды добытой 1 УДВ	Qд1			19,540	21,713
Количество воды добытой 2 УДВ	Qд2			24,080	21,307
Общее кол. воды из подземн. ист.	Qп		м ³	43,620	43,020
Математическое ожидание	Мп		м ³	41,044	
Промежуточная величина	$(Q_{ip}-M_p)^2$			6,633	3,902
Дисперсия	Дп			13,737	
СКО	SIGMA _п		м ³	3,706	
Коэффициент вариации	Сп			0,090	
ОБЩЕЕ КОЛ-ВО ДОБЫТОЙ ВОДЫ	Qобщ		м ³	290,447	263,753
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОЖИДАНИЕ	Мq		м ³	277,913	
Промежуточная величина	$(Q_{iобщ}-M_q)^2$			157,120	200,492
ДИСПЕРСИЯ	Дq			344,276	
СКО	SIGMA _q		м ³	18,555	
КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ	Сq			0,070	

Таблица 2

Размерность	Номер реализации 1
км	=C\$3
час	=C\$4
час	
час	
час	=C\$6-(C\$6-C\$5)*КОРЕНЬ(СЛЧИС())
км/час	
км/час	
час/км	=1/(C\$8+C\$9*КОРЕНЬ(2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()-3))
час	
час	
час	=C\$20+(C\$21-C\$20)*СЛЧИС()
час	=C\$20+(C\$21-C\$20)*СЛЧИС()
час	=C\$20+(C\$21-C\$20)*СЛЧИС()
час	
час	
час	=C\$25+(C\$26-C\$25)*СЛЧИС()
км	
км	
км	=C\$31+((C\$32-C\$31)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
км/час	
км/час	
км/час	=C\$34+C\$35*КОРЕНЬ(2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()+СЛЧИС()-3)
км	
км	
км	=C\$37+((C\$38-C\$37)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
час	
час	
час	=C\$40+(C\$41-C\$40)*СЛЧИС()
час	
час	
час	=C\$43+((C\$44-C\$43)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
час	=C\$43+((C\$44-C\$43)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
час	=C\$43+((C\$44-C\$43)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
м ³ /час	
м ³ /час	
м ³ /час	=C\$48+(C\$49-C\$48)*КОРЕНЬ(СЛЧИС())
м ³ /час	=C\$48+(C\$49-C\$48)*КОРЕНЬ(СЛЧИС())
м ³ /час	=C\$48+(C\$49-C\$48)*КОРЕНЬ(СЛЧИС())
час	
час	

Научно-теоретические и инженерно-технические разработки

Размерность	Номер реализации 1
час	=C\$53+(C\$54-C\$53)*СЛЧИС()
час	
час	
час	=C\$56+((C\$57-C\$56)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
час	=C\$56+((C\$57-C\$56)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
м ³ /час	
м ³ /час	
м ³ /час	=C\$60+((C\$61-C\$60)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
м ³ /час	=C\$60+((C\$61-C\$60)/2)*(СЛЧИС()+СЛЧИС())
	=СЛЧИС()
	=ЕСЛИ(И(0,1>=E64);0;0)
	=ЕСЛИ(И(0,1<E64; E64<=0,7);1;0)
	=ЕСЛИ(И(0,7<E64; E64<=0,9);2;0)
	=ЕСЛИ(И(0,9<E64);3;0)
	=СУММ(E65:E68)
	=СЛЧИС()
	=ЕСЛИ(И(0,05>=E70);0;0)
	=ЕСЛИ(И(0,05<E70; E70<=0,15);1;0)
	=ЕСЛИ(И(0,15<=E70; E70<0,75);2;0)
	=ЕСЛИ(И(0,75<=E70; E70<0,95);3;0)
	=ЕСЛИ(И(0,95<E70);4;0)
	=СУММ(E71:E75)
час	=ЕСЛИ(E69=0;0;0)
час	=ЕСЛИ(E69=1;E22;0)
час	=ЕСЛИ(E69=2;E22+E23;0)
час	=ЕСЛИ(E69=3;E22+E23+E24;0)
час	=СУММ(E77:E80)
час	=ЕСЛИ(E76=0;0;0)
час	=ЕСЛИ(E76=1;E27;0)
час	=ЕСЛИ(E76=2;E27+E28;0)
час	=ЕСЛИ(E76=3;E27+E28+E29;0)
час	=ЕСЛИ(E76=4;E27+E28+E29+E30;0)
час	=СУММ(E82:E86)
час	=E81+E87
час	=E3/10+СУММ(E10:E19)
час	=E88+E89
час	=E33/E36
час	=ЕСЛИ(E7+E90+E91+E42+E45<E4;E4-(E7+E90+E91+E42+E45);0)
час	=ЕСЛИ(E7+E90+E91+E42+E46<E4;E4-(E7+E91+E90+E42+E46);0)
час	=ЕСЛИ(E7+E90+E91+E42+E47<E4;E4-(E7+E90+E91+E42+E47);0)
м ³	=E50*E92
м ³	=E51*E93
м ³	=E52*E94
м ³	=СУММ(E95:E97)
м ³	=СУММ(E98:IV98)/252
	=(E98-E\$99)^2
	=СУММ(E100:IV100)/251
м ³	=E101^0,5
	=E102/E99
	=E39/E36
	=ЕСЛИ(E7+E90+E104+E55+E58<E4;E7+E90+E104+E55+E58;0)
	=ЕСЛИ(E7+E90+E104+E55+E59<E4;E7+E90+E104+E55+E59;0)

Размерность	Номер реализации
	1
	=E62*E105
	=E63*E106
м ³	=СУММ(E107:E108)
м ³	=СУММ(E109:IV109)/252
	=(E109-\$E\$110)^2
	=СУММ(E111:IV111)/251
м ³	=E112^0,5
	=E113/E110
м ³	=E98+E109
м ³	=СУММ(E115:IV115)/252
	=(E115-\$E\$116)^2
	=СУММ(E117:IV117)/251
м ³	=E118^0,5
	=E119/E116

Таблица 3

Числовые характеристики количества очищенной и добытой воды к Ч + N час.				
Вид работы	Математическое ожидание, м ³	Дисперсия	СКО, м ³	Коэффициент вариации
очистка	236,868	407,782	20,194	0,085
добыча	41,044	13,737	3,706	0,090

В табл. 2 приведены формулы, записанные в ячейках электронной таблицы для первой реализации.

На основе данных табл. 1 строится связанная с ней табл. 3. В ней, в виде ссылок на аналогичные ячейки табл. 1, записываются математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение (СКО) и коэффициент корреляции выбранного критерия эффективности.

Для проведения расчетов в электронной таблице необходимо внести в ячейки столбца «Исходные данные» данные, соответствующие ячейкам столбца «Наименование переменных». После завершения ввода данных в табл. 3 отображаются значения математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичное отклонение и коэффициента корреляции выбранного критерия эффективности.

Из табл. 1 можно выбрать переменную, влияние которой на выбранный критерий эффективности необходимо исследовать. После каждого изменения переменной (не менее 3-х вариантов) анализируются значения математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичного отклонения и коэффициента корреляции. На основе анализа результатов оценивается степень их влияния на эффективность выполнения задачи. Например, одним из выводов является линейная зависимость математического ожидания добытой и очищенной воды от протяженности маршрута выдвижения аварийно-спасательного подразделения.

Теоретическое значение научных результатов заключается в развитии взглядов на организацию выполнения первоочередных задач в районах чрезвычайных ситуаций и в разработке научно-методического подхода обоснования предложений по повышению эффективности применения аварийно-спасательных подразделений на примере оборудования и содержания ими пункта полевого водоснабжения.

Литература

1. Егоров Л.А., Зеленцов С.Г., Колибернов Е.С., Лимно А.Н. и др. Исследование операций : учебник / под ред. Юркова Б.Н. – М.: Военно-инженерная академия. - 1990. – 529 с.
2. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. - М.: Воениздат. - 1970. – 256 с.
3. Егоров Л.А. Статистическое моделирование процессов выполнения военно-инженерных задач. - М.: ВИУ. - 2000.
4. Седнев В.А., Седнев А.В. Оценка эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - 2020. № 6. С. 107-126.
5. Седнев В.А., Седнев А.В. Основы математического моделирования инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2020. № 4. С. 132-138.
6. Седнев В.А., Седнев А.В., Онов В.А. Критерии эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2020. № 4. С. 51-61.
7. Седнев В.А. Основные критерии оценки эффективности действий спасательных формирований. Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2020. № 4. С. 51-57.
8. Седнев В.А., Седнев А.В., Онов В.А. Критерии эффективности задач инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2020. № 3. С. 53-58.
9. Седнев В.А., Седнев А.В., Онов В.А. Методы построения обобщенных критериев эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2020. № 2. С. 46-51.
10. Седнев В.А., Седнев А.В., Онов В.А. Системный подход к оценке эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. - 2020. № 1. С. 111-121.
11. Седнев В.А., Смуров А.В. Модели оценки эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2021. № 1. С. 71-77.
12. Седнев В.А., Седнев А.В. Научно-методические подходы оценки эффективности действий спасательных формирований. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны: в 4 ч. Ч. I. – М.: Академия ГПС МЧС России. - 2021. – 311 с. – С. 196-204.
13. Седнев В.А., Седнев А.В. Научно-методические подходы оценки влияния инженерного обеспечения на выполнение задач спасательными формированиями. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны: в 4 ч. Ч. I. – М.: Академия ГПС МЧС России. - 2021. – 311 с. – С. 204-212.
14. Седнев В.А., Седнев А.В. Особенности обобщенных критериев оценки эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны: в 4 ч. Ч. I. – М.: Академия ГПС МЧС России. - 2021. – 311 с. – С. 213-219.
15. Седнев В.А., Войтович А.А. Обоснование исходных данных для разработки решений по защите территорий от катастрофического затопления в результате стихийного бедствия или повреждения гидротехнического сооружения. Гидротехническое строительство. - 2020. № 12. С. 53-57.
16. Седнев В.А., Копнышев С.Л., Седнев А.В. Исследование этапов процесса и обоснование математической модели расширения сферической полости в грунтах и горных породах. Устойчивое развитие горных территорий. – 2020, Т 12, №2 (44). С. 302-314.

17. Sednev V.A., Kopnyshev S.L., and Sednev A.V. Estimation of the Penetration Depth of an Impactor with a Hemispherical Head Part into a Semi-Infinite Medium When Penetrated Along the Normal to the Surface // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. - 2020, Vol. 49, No. 8, pp. 659–666. DOI 10.3103/S1052618820080130

18. Соловьев В.О., Седнев А.В., Онов В.А. Универсальный взрывореактивный комплекс для выполнения работ в труднодоступных районах и в чрезвычайных ситуациях. Проблемы управления рисками в техносфере. - 2020. №4 (56). С. 90-94.

19. Исследование проблем безопасности жизнедеятельности / Седнев В.А., Седых Н.И., Лопухова Н.В., Лысенко И.А., Аляев П.А. / Отчет о научно-исследовательской работе. – М.: Академия ГПС МЧС России. - 2015. 345 с.

20. Разработка учебно-методических материалов для проведения практических занятий по дисциплине «Организация защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» / Седнев В.А., Кошева Е.И., Седнев А.В., Кошевой В.С. / Отчет о научно-исследовательской работе. - М.: Академия ГПС МЧС России. - 2018. – 261 с.

21. Седнев В.А. Применение и оценка эффективности способов обработки металлов взрывом при выполнении задач в труднодоступных районах Арктического региона. Арктика: экология и экономика. - 2016. № 2 (22). С. 98-106.

22. Седнев А.В. Особенности информационно-аналитического обеспечения принятия решений в территориальных органах управления. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 4-х частях. Ч. III. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. - 2021. 302 с. С. 283-293.

23. Седнев В.А. Методика обоснования комплекса средств механизации работ по развертыванию аварийно-спасательных формирований в арктической зоне Российской Федерации. Арктика: экология и экономика. - 2016. № 1 (21). С. 102-112.

Сведения об авторах

Седнев Владимир Анатольевич, профессор, профессор кафедры защиты населения и территорий учебно-научного комплекса гражданской защиты Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Академия государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), 8 (495) 617-26-83, (926) 531-29-24, e-mail: sednev70@yandex.ru

Седнев Анатолий Владимирович, студент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, stolya2000@mail.ru.