

С.Н. Ушаков¹, С.А. Рыжков²
(¹ОАО "НОВАТЭК", ²Академия ГПС МЧС России;
e-mail: fds911@mail.ru)

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Обоснованы принципы создания автоматизированных информационно-управляющих систем предупреждения и ликвидации ЧС на объектах нефтегазового комплекса Крайнего Севера на начальном этапе.

Ключевые слова: автоматизированная информационно-управляющая система, предупреждение и ликвидация ЧС, Крайний Север, нефтегазовый комплекс.

S.N. Ushakov, S.A. Ryzhkov

PRINCIPLES OF CREATING OF AUTOMATED SYSTEMS OF PREVENTION AND ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS ON OIL AND GAS FACILITIES OF THE FAR NORTH

Principles of creating of automated information management system of prevention and elimination of emergency situations at sites oil and gas facilities of the Far North on the initial stage are founded.

Key words: automated information management system, prevention and elimination of emergency situations, Far North, oil and gas facilities.

На территории России расположены крупные запасы нефти и газа, значительная часть которых сосредоточена в районах Крайнего Севера, характеризующихся суровыми климатическими условиями. В основном это территории Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов [1].

Защита объектов *нефтегазового комплекса (НГК)* от *чрезвычайных ситуаций (ЧС)* является одной из приоритетных задач обеспечения их безопасности, поскольку на таких объектах всегда существует опасность возникновения аварий, пожаров, взрывов и других опасных событий, порождающих ЧС [2]. Достаточно вспомнить аварию на нефтяной платформе "Deerwater Horizon" 20 апреля 2010 г. в 80 км от побережья штата Луизиана в Мексиканском заливе, в результате которой произошли разрушение конструкций и глобальное загрязнение окружающей среды.

Поэтому важнейшим аспектом дальнейшего развития нефтегазовой промышленности является максимальная комплексная защита объектов НГК от различного рода аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Одним из путей повышения безопасности объектов НГК является создание *автоматизированных информационно-управляющих систем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (АИУС ЧС)*, что позволит выявлять опасность ЧС на начальном этапе, принимать неотложные управленче-

ские решения по недопущению развития возможного источника ЧС и в короткие сроки реагировать на возникающие опасные события как посредством воздействия технических систем защиты, так и с помощью оперативных подразделений.

Первым принципом построения автоматизированной информационно-управляющей системы должна быть её адаптированность к условиям труда людей, так как именно человек принимает управленческие решения по предупреждению и ликвидации ЧС. Следовательно, при разработке такой системы должны быть учтены физиологические способности реакции человека на возникающие ситуации.

Авторы полагают, что современные АИУС ЧС должны строиться с учётом человеческих реакций "Слышать, Видеть, Ощущать", то есть при возникновении опасного события информация должна отображаться аудиально (например, срабатывание звукового сигнала), визуально (например, мигание датчиков на мониторе) и кинестетически (например, вибрация кресла оператора на **автоматизированном рабочем месте (АРМ)**).

Плюсы такого построения систем очевидны: во-первых, системы чётко учитывают все типы людей (аудиалы, визуалы, кинестетики), во-вторых, сигналы "тревоги" дополняют друг друга (рис. 1).



Рис. 1. Схема воздействия сигналов "тревоги" на оператора АРМ АИУС ЧС НГК

Следует отметить, что кинестетические воздействия сигнала "тревоги" могут быть любыми. Не обязательно, чтобы это было вибрирующее кресло автоматизированного рабочего места, это могут быть и другие источники воздействия, зависящие от специфики работы конкретного человека или группы лиц. Важным в этом вопросе является то, чтобы такое воздействие осуществлялось.

Ещё более актуальным такой принцип построения АИУС ЧС становится при их создании на объектах НГК Крайнего Севера, так как персонал на этих объектах в основном работает вахтовым методом, а, следовательно, имеет существенные умственные и физические нагрузки в течение продолжительного времени.

Необходимо отметить, что районы Крайнего Севера имеет существенные особенности, влияющие на предупреждение и ликвидацию ЧС:

- низкая температура наружного воздуха;
- мерзлота грунтов;
- продолжительная полярная ночь;
- ограниченность человеческих ресурсов;
- малоразвитость транспортной и энергетической инфраструктур;
- необходимость использования аварийно-спасательной и пожарной техники северного исполнения [3].

Так, например, низкая температура наружного воздуха ограничивает возможности продолжительного применения сил и средств ликвидации ЧС (требует постоянной замены расчёта подразделений), осложняет работы по очистке территории от разливов нефти и сжиженного природного газа; мерзлота грунтов ограничивает возможность использования естественных источников водоснабжения при тушении пожаров; малоразвитость транспортной инфраструктуры существенно влияет на время оперативного реагирования аварийно-спасательных и пожарных подразделений.

Всё это свидетельствует о том, что при построении АУИС ЧС на объектах НГК Крайнего Севера должны быть учтены *территориальные* и *климатические особенности* местоположения объекта НГК (*второй принцип*).

Российский нефтегазовый комплекс Крайнего Севера – это крупнейшая сеть объектов нефтяной и газовой промышленности, которая связана с такими процессами, как добыча, переработка и транспортировка, поэтому должны качественно функционировать отдельные подсистемы АИУС ЧС, что в результате позволит повысить безопасность всего комплекса в целом. Отсюда можно выделить *третий принцип* построения АИУС ЧС – это совместимость отдельных подсистем и их интеграция в *комплексную систему безопасности (КСБ)* (рис. 2).

Четвёртым принципом создания АИУС ЧС на объектах НГК Крайнего Севера является *выбор приоритетности задач*, которые должны решаться в определённой последовательности.

В данном случае необходимо опираться на опыт и профессионализм высококвалифицированных экспертов, то есть использовать метод экспертных оценок [4].

Например, требуется оценить относительную важность задач, решаемых АИУС ЧС на объектах НГК Крайнего Севера.

Необходимым условием при этом является формирование группы экспертов, выбираемых из числа людей, имеющих большой научный и практический опыт в данной сфере.

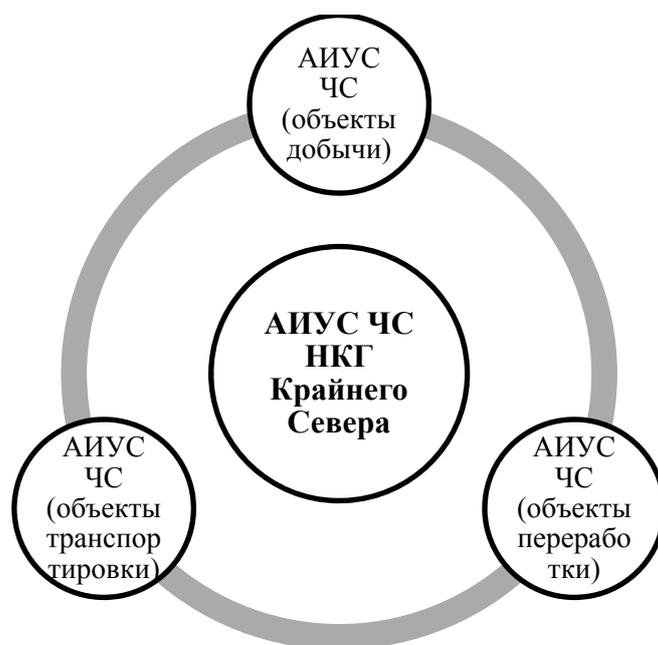


Рис. 2. Схема интеграции отдельных АИУС ЧС НГК в единую систему

Пусть АИУС ЧС решает 8 конкретных задач (А1 ... А8). Экспертам выдаются информативные документы об объекте НГК, после изучения которых им необходимо оценить каждую задачу по 10-балльной системе по какому-либо заданному критерию.

Допустим, получены оценки, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Матрица непосредственного оценивания

Эксперты	Задачи АИУС ЧС							
	А1	А2	А3	А4	А5	А6	А7	А8
№ 1	3	2	5	1	8	4	6	7
№ 2	7	6	3	4	5	2	9	8
№ 3	10	8	9	7	6	4	3	5
№ 4	6	5	9	8	7	10	3	4
№ 5	4	3	2	9	8	7	6	5
№ 6	10	7	5	6	1	8	3	9
№ 7	1	2	5	7	9	10	3	8
Σ	41	33	38	42	44	45	33	46

Для оценки степени согласованности экспертов преобразуем множество оценок n объектов, данных каждым экспертом, в ранжировку (предписыванием ранга 1 объекту с наибольшим значением оценки, ранга 2 объекту с оценкой, следующей за наибольшей, и так далее). Матрица полученных рангов представлена в табл. 2.

Матрица рангов

Эксперты	Задачи АИУС ЧС							
	А1	А2	А3	А4	А5	А6	А7	А8
№ 1	6	7	4	8	1	5	3	2
№ 2	3	4	7	6	5	8	1	2
№ 3	1	3	2	4	5	7	8	6
№ 4	5	6	2	3	4	1	8	7
№ 5	6	7	8	1	2	3	4	5
№ 6	1	4	6	5	8	3	7	2
№ 7	8	7	5	4	2	1	6	3
Σx_{ij}	30	38	34	31	27	28	37	27

Повторяющихся оценок, а, следовательно, и рангов нет, поэтому полученные ранги соответствуют условию нормализации:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 0,5 \cdot n \cdot (n+1), \quad (1)$$

где x_{ij} – ранг (номер места) j -го объекта ($j = 1, 2, \dots, n$) в ранжировке i -го эксперта ($i = 1, 2, \dots, m$).

Проверим согласованность мнений эксперта с помощью F -критерия Фишера. Для этого вычислим коэффициент конкордации K_0 .

Определим среднеарифметическое сумм рангов:

$$\tilde{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \hat{x}_{ij} = \frac{m \cdot (n+1)}{2} = \frac{7 \cdot (8+1)}{2} = 31,5. \quad (2)$$

Определим сумму квадратов отклонений сумм рангов, полученных каждым объектом у всех экспертов, от среднеарифметического сумм рангов:

$$S = \sum_{j=1}^m (\hat{x}_j - \tilde{x})^2; \quad (3)$$

$$S = (30 - 31,5)^2 + (38 - 31,5)^2 + (34 - 31,5)^2 + (31 - 31,5)^2 + (27 - 31,5)^2 + (28 - 31,5)^2 + (37 - 31,5)^2 + (27 - 31,5)^2 = 113,75.$$

Так как эксперты оценки не повторяли, то параметр T_i для каждого эксперта равен 0. Вычислим значение коэффициента конкордации по формуле:

$$K_0 = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{12 \cdot 113,75}{7^2 \cdot (8^3 - 8)} = 0,0553. \quad (4)$$

Проверим значимость коэффициента конкордации. Для этого определим значения статистик $X^{(1)}$ и $X^{(2)}$ по формулам:

$$X^{(1)} = K_0 \cdot m \cdot (n-1) = 0,0553 \cdot 7 \cdot (8-1) = 2,71; \quad (5)$$

$$X^{(2)} = \frac{(m-1) \cdot X^{(1)}}{m \cdot (n-1) - X^{(1)}} = \frac{(7-1) \cdot 2,71}{7 \cdot (8-1) - 2,71} = 0,35. \quad (6)$$

Найдём число степеней свободы ν_1, ν_2 F -распределения, для чего вычислим значения величин \tilde{x}_1, V_j, V_j^2 , при $j = 1, 2, \dots, 8$, используя данные нижней строки табл. 2.

$$\tilde{x}_1 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{i1} = \frac{30}{7} = 4,286; \quad (7)$$

$$V_1 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_{i1} - \tilde{x}_1)^2 = \frac{1}{7-1} [(6-4,286)^2 + (3-4,286)^2 + \dots + (8-4,286)^2] = 7,238. \quad (8)$$

Результаты расчётов сведём в табл. 3.

Таблица 3

Промежуточные вычисления для определения ν_2

Задачи АИУС ЧС	x_j	V_j	V_j^2
1	4,286	7,238	52,390
2	5,429	2,952	8,717
3	4,857	5,476	29,989
4	4,429	4,952	24,526
5	3,857	5,810	33,751
6	4,000	7,667	58,778
7	5,286	7,238	52,390
8	3,857	4,476	20,036
Σ		45,809	280,577

Находим:

$$L = (m-1) \cdot \sum_{j=1}^n V_j = (7-1) \cdot 45,809 = 274,9; \quad (9)$$

$$\nu_2 = \frac{L^2}{(m-1) \sum_{j=1}^n V_j^2} - (m-1) = \frac{274,9^2}{(7-1) \cdot 280,577} - (7-1) \approx 39. \quad (10)$$

Число степеней свободы $\nu_1 = 8 - 1 = 7$.

По таблице F -распределения Фишера [5] находим критическое значение $F_{кр}$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числах степеней свободы $\nu_1 = 7$ и $\nu_2 = 39$, которое приближённо равно 2,56.

Сравнивая полученное значение $X^{(2)}$ с критическим, делаем вывод о том, что мнения экспертов согласованными считать нельзя. В этом случае необходимо исключить из рассмотрения наименее компетентного эксперта и провести проверку согласованности по данным оставшихся экспертов.

Пятым принципом построения АИУС ЧС на объектах НГК является обеспечение функций **самоконтроля** и **обучения**, то есть система должна иметь такой алгоритм действий, который предусматривает постоянное обновление существующих порядков действий в определённых условиях. Данный принцип является достаточно важным, так как в процессе создания новых объектов нефтегазового комплекса используются и новые технологии, следовательно, автоматизированная система должна уметь адаптироваться к новейшим разработкам, в противном случае она становится неэффективной и быстро устаревает.

Основываясь на вышеизложенном, можно заключить, что создание современных автоматизированных информационно-управляющих систем предупреждения и ликвидации ЧС должно основываться на 5 принципах:

- адаптированность АИУС ЧС к реакциям человека;
- адаптированность АИУС ЧС к условиям природы;
- совместимость подсистем АИУС ЧС и их интеграция в КСБ;
- выбор приоритетности решаемых задач АИУС ЧС;
- обеспечение функций самоконтроля и обучения АИУС ЧС.

Литература

1. **Сайт** Министерства энергетики РФ. Нефтегазовый комплекс. <http://minenergo.gov.ru/activity/oilgas> (дата обращения 19.02.2012).
2. **Топольский Н.Г.** Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. М.: МИПБ МВД России, 1997. 164 с.
3. **Алешков М.В.** Повышение работоспособности напорных рукавных линий при тушении пожаров в условиях низких температур. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М.: ВИПТШ МВД России, 1990.
4. **Качановский Ю.П.** Применение методов экспертных оценок при проектировании автоматизированных систем. Липецк: ЛГТУ, 2008. 46 с.
5. **Гмурман В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2003. 479 с.
6. **Абросимов А.А., Топольский Н.Г., Фёдоров А.В.** Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 239 с.

Статья опубликована 2 июня 2012 г.