

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 622.86:681.5+004.9

И.А. Шайхлисламова¹, канд. техн. наук, доц.,
В.И. Муравейник², канд. техн. наук, доц.

1 – Государственное высшее учебное заведение
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,
Украина, e-mail: shaix@ukr.net
2 – Национальная металлургическая академия Украины,
г. Днепропетровск, Украина

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНА ПРИ АВАРІЯХ В ШАХТАХ

I.A. Shaykhlislamova¹, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.,
V.I. Muraveynik², Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.

1 – State Higher Educational Institution “National Mining
University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: shaix@ukr.net
2 – National Metallurgical Academy of Ukraine,
Dnipropetrovsk, Ukraine

SYSTEM ANALYSIS OF THE INFORMATION EXCHANGE DURING EMERGENCIES IN MINES

Цель. Выявление системных факторов, влияющих на информационный обмен между горноспасателями (источник информации) и штабом (рецептор) при аварийно-спасательных работах в шахте.

Методика. Теоретический (теоретический анализ знаковой модели, методы абстрагирования, формализации, аксиом, дедукции, индукции); экспериментальный (разработка знаковой модели информационного обмена между источником и рецептором).

Результаты. Разработана знаковая модель, отображающая информационный обмен между горноспасателями (источник информации) и штабом (рецептор информации) при аварийно-спасательных работах в шахте. Системный анализ модели позволил выявить около 30 факторов, влияющих на эффективность оперативного обмена информацией между источником и рецептором. При анализе модели учтены процессы, происходящие внутри систем источника и рецептора, а также внешние факторы. К внутренним факторам отнесены: внутренняя энтропизация информации; изменения её во времени; информационные шумы в системах; изменение систем как носителей информации; кодирование и внесение в информацию элементов дезинформации; влияние несовершенства систем источника и рецептора; рассеяние информации внутри систем; психо-физические факторы; неполное декодирование информации; изменение информации при усвоении её в системах источника и рецептора; защита информации и др. Внешние факторы включают информационную турбулентность, рассеяние и утечки информации в передающей среде, энтропизацию, привнесение внешних информационных шумов; целевую дезинформацию, изменения передающей среды и др. Показано, что суммарное влияние выявленных факторов делают невозможным адекватный обмен информацией между источником информации (горноспасатели) и рецептором (штабом). Сделан вывод о необходимости поиска новых принципов аварийной связи между шахтой и поверхностью.

Научная новизна. Теоретический анализ знаковой модели информационного обмена между источником и рецептором позволил выявить системные факторы, влияющие на обмен информацией между горноспасателями и штабом при аварийно-спасательных работах в шахте; показана неадекватность и проблематичность обмена оперативной информацией между источником и рецептором.

Практическая значимость. Результаты исследований рекомендуется использовать при совершенствовании аварийной информационной системы шахт.

Ключевые слова: шахта, авария, информация, система, источник, рецептор, передающая среда, факторы, горноспасатели, штаб, запрос, знаковая модель

Постановка проблемы. Поиск и спасение горнорабочих при авариях в шахтах, ликвидация тяже-

лых последствий связаны с необходимостью оперативного обмена информацией между горноспасателями, находящимися в аварийной зоне шахты, и руководителями, которые обычно располагаются в штабе на поверхности шахты. Нередко от оператив-

ного обмена информацией зависит жизнь рабочих, застигнутых аварией. Этим, в первую очередь, определяется актуальность темы, поскольку средства связи в шахтах во время аварий выходят из строя.

Целью исследования является выявление системных факторов, влияющих на информационный обмен между горноспасателями (источник информации) и штабом (рецептором) при аварийно-спасательных работах в шахте.

Изложение основного материала. Рассмотрение проблемы начнем с уточнения понятий „сигнал“ и „информация“. Сигнал – это физическое явление или материальный объект, несущие определенную информацию. В каждом сигнале содержится множество информации. Например, волновой (квантовый) сигнал характеризуется длиной волны, частотой, энергией, скоростью и направлением распространения в пространстве, семантическими признаками и др.

Что же следует понимать под термином „информация“? Это фундаментальное понятие такого же

уровня как понятие вещества (материи) и энергии (движения). Ряд ученых считает, что информация первична, а материя вторична [1].

С позиции системного подхода информация – это множество качественных и количественных характеристик (показателей) любой системы, ее элементов, внутренних и внешних связей и потоков, функций и отношений между ними, проявляющихся в пространстве и времени на микро- и макроуровне. [2]. Согласно с данным определением любой признак системы несет множество информации, которая может быть закодирована и передана посредством различных веществ и физических полей.

Рассмотрим теоретическую модель обмена информацией между горноспасателями и штабом во время аварийно-спасательных работ в шахте. Обозначим: горноспасатели – источник информации, находящийся в аварийной зоне шахты, штаб – приемник информации (рецептор), который располагается на поверхности шахты (рисунок).

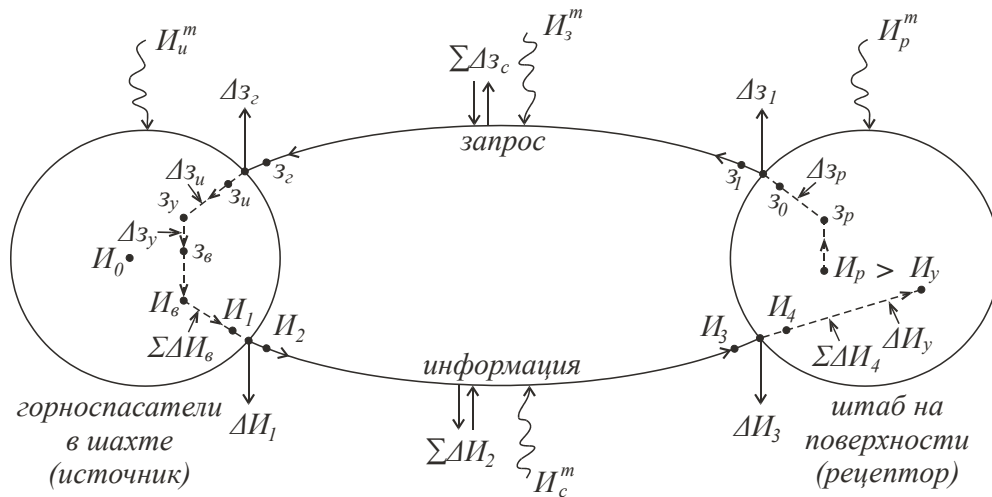


Рис. Схема обмена информацией между рецептором и источником

На схеме обозначено стрелками направление потока информации от рецептора (запрос) через передающую среду к источнику информации и обратно от источника к рецептору. Точками и буквами обозначены характерные состояния потоков информации. Пунктирными линиями показана последовательность изменений информации внутри систем рецептора и источника. Буквенные и цифровые обозначения расшифрованы ниже в тексте: I_p – информация, необходимая рецептору (приемнику на поверхности шахты); z_p – необходимый запрос рецептора, соответствующий информации I_p ; Δz_p – влияние физического и психического состояния рецептора на формирование запроса; I_p^m – внешняя информационная турбулентность, влияющая на рецептор (управляемые и неуправляемые информационные потоки, влияющие на формирование запроса) [3]; z_0 – запрос, готовый к выходу из рецептора

$$z_0 = z_p \pm \Delta z_p \pm I_p^m,$$

где z_1 – запрос на информацию, вышедший из системы рецептора, преодолевший его границы и сопротивление окружающей среды

$$z_1 = z_0 \pm \Delta z_1;$$

Δz_1 – изменение запроса при выходе его из системы рецептора в окружающую среду; I_3^m – информационная турбулентность среды (неуправляемые рецептором внешние потоки информации); $\sum \Delta z_c$ – суммарные изменения запроса на пути от рецептора к источнику (усиление или ослабление, искажение, отражение); z_2 – запрос, достигший горноспасателей в шахте

$$z_2 = z_1 \pm \sum \Delta z_c \pm I_3^m;$$

z_u – запрос, поступивший в систему источника, преодолевший его границы

$$z_u = z_e \pm \Delta z_e,$$

где Δz_e – изменение запроса в процессе преодоления им границ источника; z_y – запрос, усвоенный (понятый, расшифрованный, ...) источником (горноспасателями)

$$z_y = z_u \pm \Delta z_u \pm I_u^m,$$

где Δz_u – изменение запроса в системе источника; I_u^m – внешняя информационная турбулентность шахты, воздействующая на источник; z_e – реакция источника о выдаче информации

$$z_e = z_y - \Delta z_y,$$

где Δz_y – часть запроса z_y , которую невозможно выполнить адекватно; I_0 – информация, содержащаяся в источнике (информация, которой обладают горноспасатели); I_e – информация, возможная для выдачи по запросу z_e .

В общем случае $I_e \neq I_p$, поскольку запрос рецептора претерпевает изменения на пути к источнику и в самом источнике (в принципе, горноспасатели не могут адекватно выдать информацию, согласно требованиям руководства, находящегося на поверхности шахты); $\sum \Delta I_e$ – суммарные изменения информации в источнике; ΔI_e^3 – неточности в запросе информации; ΔI_u^m – влияние информационной турбулентности на источник; ΔI_e^s – внутренняя энтропизация информации в источнике; ΔI_e^{cm} – изменение информации во времени в источнике (во время аварии информация может быстро изменяться); ΔI_e^{uu} – спонтанные информационные шумы в источнике; ΔI_e^u – влияние изменения системы источника как носителя информации (физическая усталость, психологическая нагрузка, высокая температура и т.п.); ΔI_e^0 – ввод в исходную информацию элементов дезинформации; ΔI_e^k – изменение информации в связи с её кодированием; ΔI_e^n – изменения информации при подготовке её к выдаче

$$I_1 = I_e - \sum \Delta I_e,$$

где I_1 – информация, подготовленная к выходу из системы источника.

Таким образом, информация, подготовленная к выдаче из системы источника, может отличаться от исходной информации I_e как количественно, так и качественно, $I_1 \neq I_e$.

ΔI_1 – изменение информации при выходе её из источника и входе в передающую среду (при пересечении границы системы источника): искажение, ослабление или усиление сигнала, отражение, шумы и др.; I_2 – информация, воспринятая передающей средой, $I_2 \neq I_1$.

В общем случае, информация, воспринятая передающей средой, может отличаться от информации, подготовленной к выдаче из источника.

$$I_2 = I_1 \pm \Delta I_1.$$

$\sum \Delta I_2$ – суммарные изменения информации на пути от горноспасателей к штабу на поверхность шахты; ΔI_2^s – энтропизация информации в передающей среде; ΔI_2^{cm} – изменение во времени информации в передающей среде; ΔI_2^{uu} – привнесение спонтанных информационных шумов в передающую среду; ΔI_2^0 – целевая дезинформация, привнесенная в передающую среду; ΔI_2^p – рассеяние информации в окружающей среде; ΔI_2^{ym} – утечки информации; ΔI_2^n – влияние на передаваемую информацию изменений передающей среды; ΔI_c^m – полевая информационная турбулентность передающей среды; I_3 – информация, доставленная к границам системы рецептора (в штаб ликвидации аварий)

$$I_3 = I_2 \pm \sum \Delta I_2 \pm I_c^m = I_2 - \Delta I_2^s - \Delta I_2^{cm} \pm \Delta I_2^{uu} - \Delta I_2^0 - \Delta I_2^p - \Delta I_2^{ym} \pm \Delta I_2^n \pm \Delta I_c^m.$$

Таким образом, информация, доставленная к границам рецептора, может отличаться от информации, воспринятой передающей средой, $I_3 \neq I_2$.

$\sum \Delta I_3$ – изменения информации при входе в систему рецептора (штаб руководства ликвидацией аварии); ΔI_3^{omp} – информация, отраженная от границ системы рецептора; ΔI_3^p – информация, рассеянная границами системы рецептора; ΔI_3^{noz} – информация, поглощенная границами системы рецептора; I_4 – информация, проникающая в систему рецептора.

Таким образом, информация, проникшая в систему рецептора, может отличаться от информации, доставленной к границам системы рецептора, $I_4 \neq I_3$.

$\sum \Delta I_4$ – суммарные изменения информации в системе рецептора (в штабе); ΔI_4^s – энтропизация информации в рецепторе; ΔI_4^p – рассеяние информации в системе рецептора; ΔI_4^{dek} – неполное декодирование информации, поступившей в систему рецептора; ΔI_p^m – влияние внешней информационной

турбулентности; ΔI_y – изменение информации в процессе её усвоения рецептором; I_y – информация, усвоенная рецептором (понятая, расшифрованная, ...), $I_y \neq I_4$.

$$I_y = I_4 - \sum \Delta I_4 \pm \Delta I_y = \\ = I_4 - \Delta I_4^s - \Delta I_4^p - \Delta I_4^{dek} \pm \Delta I_4^m \pm \Delta I_y.$$

Следовательно, информация, усвоенная рецептором, может отличаться от информации, проникшей в систему рецептора. Иными словами, невозможно в принципе иметь полную информацию от горноспасателей, находящихся в шахте во время ликвидации аварии. $I_y \neq I_p$.

Анализируя процесс передачи информации от источника через передающую среду к рецептору, мы видим, что информация при этом может претерпевать значительные изменения.

В источнике информация может подвергаться следующим влияниям и изменениям: внутренняя энтропизация информации (определяется, в частности, трудностью возврата информации в исходное состояние); влияние внешней информационной турбулентности; изменение во времени, старение информации; информационные шумы в системе источника; влияние изменения системы источника как носителя информации; введение в информацию элементов дезинформации; кодирование информации; неточности в запросе информации; изменение информации при подготовке её к выдаче; защита информации в источнике. Эти и другие изменения информации в источнике приводят к тому, что подготовленная к выдаче информация может существенно отличаться от исходной: $I_1 \neq I_0$.

Подготовленная к выдаче информация должна „выйти“ из системы источника, преодолев влияние границ системы и влияние передающей среды, воспринимающей поток информации. При этом могут произойти определенные изменения информации.

Если $\Delta I_1 \neq 0$, то $I_2 \neq I_1$, т.е. информация, воспринятая передающей средой, может отличаться от информации в источнике, подготовленной к выдаче.

В передающей среде информация подвергается различным влияниям и изменениям: энтропизация информации; влияние внешней информационной турбулентности; привнесение информационных шумов; рассеяние информации в окружающей среде; утечки информации; целевая дезинформация, привнесенная в передающую среду; изменение во времени, старение информации; влияние изменений передающей среды как носителя информации; защита информации в передающей среде.

Изменения информации в передающей среде приводят к тому, что информация, доставленная к границам системы рецептора, может существенно отличаться от той, которая была воспринята от источника информации: $I_3 \neq I_2$.

Доставленная к границам системы рецептора информация должна „проникнуть“ в систему, преодолев её границы. При этом информация может измениться, в частности она может отразиться, рассеяться, поглотиться границами системы. Если $\sum \Delta I_3 \neq 0$, то $I_4 \neq I_3$, т.е. информация, проникающая в систему рецептора, может отличаться от той, которая была доставлена к его границам.

В системе рецептора также могут произойти некоторые изменения информации: энтропизация информации; влияние внешней информационной турбулентности; влияние несовершенства рецептора как приемника информации; рассеяние информации в системе рецептора; неполное декодирование информации, поступившей в систему рецептора; изменения информации в процессе её усвоения рецептором; защита информации в системе рецептора.

Если $\sum \Delta I_4 \neq 0$, то $I_y \neq I_4$, т.е. информация, усвоенная рецептором, может отличаться от той информации, которая проникла в систему рецептора.

Выводы. На основании выполненного анализа обмена информацией между горноспасателями (источником информации) и штабом (рецептором) в аварийной ситуации можно сделать следующие выводы:

1. Выявлено около 30 факторов, влияющих на информационный обмен между источником и рецептором информации.

2. При аварии в шахте проблематично обеспечить оперативный обмен информацией между источником и рецептором, поскольку:

- запрос рецептора на получение информации от источника может существенно отличаться от необходимого;

- передача информации от источника к рецептору не является адекватной запросу рецептора;

- информация, полученная от источника и усвоенная рецептором, всегда отличается от той, которая имеется у источника.

3. Необходимо совершенствовать аварийную информационную систему, для чего следует выполнить НИОКР по поиску новых принципов информационной связи между шахтой и поверхностью с учетом психофизического состояния участников ликвидации аварии.

Список литературы / References

1. Юзвизин И.И. Информациология / И.И. Юзвизин – М.: Международное издательство Информациология, 1996. – 215с.

Yuzvishin, I.I. (1996), *Informatsiologiya* [Information Science], International Publishers Informatsiologiya, Moscow, Russia.

2. Муравейник В.И. Системно-информационный подход / В.И. Муравейник – Днепропетровск: Изд-во „Свидлер“, 2006. – 270с.

Muraveynik, V.I. (2006), *Sistemno-informatsionnyi podkhod* [Systems-Information Approach], “Svidler”, Dnepropetrovsk, Ukraine.

3. Шайхлисламова И.А. Квантово-полевой подход к выявлению признаков возможных аварий в шахтах / Шайхлисламова И.А., Муравейник В.И. – Днепропетровск: Науковий вісник НГУ, 2012. – №5. – С. 91–95
 Shaykhlislamova, I.A. and Muraveynik, V.I. (2012), “Quantum-field approach to identification of signs of possible accidents in mines”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.5, pp. 91–95.

Мета. Виявлення системних факторів, що впливають на інформаційний обмін між рятувальниками (джерело інформації) та штабом (рецептор) при аварійно-рятувальних роботах у шахті.

Методи. Теоретичний (теоретичний аналіз знакової моделі, методи абстрагування, формалізації, аксіом, дедукції, індукції); експериментальний (розробка знакової моделі інформаційного обміну між джерелом і рецептором).

Результати. Розроблено знакову модель, що відображає інформаційний обмін між рятувальниками (джерело інформації) та штабом (рецептор інформації) при аварійно-рятувальних роботах у шахті. Системний аналіз моделі дозволив виявити близько 30 факторів, що впливають на ефективність оперативного обміну інформацією між джерелом і рецептором. При аналізі моделі враховані процеси, що відбуваються всередині систем джерела та рецептора, а також зовнішні фактори. До внутрішніх факторів віднесені: внутрішня ентропізація інформації; зміни її у часі; інформаційні шуми в системах; зміна систем як носіїв інформації; кодування та внесення в інформацію елементів дезінформації; вплив недосконалої систем джерела та рецептора; розсіювання інформації всередині систем; психофізичні чинники; неповне декодування інформації; зміна інформації при засвоєнні її в системах джерела та рецептора; захист інформації та ін. Зовнішні чинники включають інформаційну турбулентність, розсіювання та витік інформації в передавальному середовищі, ентропізацію, привнесення зовнішніх інформаційних шумів; цільову дезінформацію, зміни передавального середовища та ін.

Показано, що сумарний вплив виявлених чинників унеможливує адекватний обмін інформацією між джерелом інформації (рятувальники) та рецептором (штабом). Зроблено висновок щодо необхідності пошуку нових принципів аварійного зв'язку між шахтою й поверхнею.

Наукова новизна. Теоретичний аналіз знакової моделі інформаційного обміну між джерелом і рецептором дозволив виявити системні фактори, що впливають на обмін інформацією між рятувальниками й штабом при аварійно-рятувальних роботах у шахті; показана неадекватність і проблематичність обміну оперативною інформацією між джерелом і рецептором.

Практична значимість. Результати досліджень рекомендується використовувати при вдосконаленні аварійної інформаційної системи шахт.

Ключові слова: шахта, аварія, інформація, система, джерело, рецептор, середовище, що передає, фактори, рятувальники, штаб, затит, знакова модель

Purpose. To identify systemic factors affecting the exchange of information between the rescuers (source) and staff (receptor) during the rescue work in the mine.

Methodology. The theoretical methods applied included: the theoretical analysis of the symbolic model, the methods of abstraction, formalization, axioms, deduction, induction, and the experimental methods were: development of a landmark model for information exchange between the source and receptor.

Findings. The sign model showing the exchange of information between the rescuers (source) and staff (a receptor of information) during the rescue work in the mine has been created. Systems analysis of the model revealed 30 factors that influence the effectiveness of the rapid exchange of information between the source and receptor. In analyzing the model we have taken into account the processes occurring within the source and receptor systems, as well as external factors. The internal factors include: the internal entropy of information, its change in time, information noise in the systems, changes in the systems as information-carrying medium, coding and appearing of elements of disinformation, the impact of imperfections in the source and receptor systems, the scattering of information within the systems, the psychophysical factors, partial decoding of information, change of information during its assimilation in the source and receptor systems, information security, etc. External factors include the information turbulence, scattering and leakage in the transmission medium, entropy, the introduction of external information noise, special disinformation, changes of the transmission medium, etc.

It is shown that the total effect of the identified factors make the adequate exchange of information between the source of information (rescuers) and receptor (HQ) impossible. We have made the conclusion about the need to find new principles for emergency communication between the mine and the surface.

Originality. Theoretical analysis of the sign model of information exchange between the source and the receptor revealed systemic factors affecting the exchange of information between rescuers and the headquarters during rescue work in the mine. It showed the inadequacy and the difficulty of exchange of operational information between the source and receptor.

Practical value. Results of the studies are recommended to use for improvement of the emergency information system of mines.

Keywords: mine accident, information system, source, receptor, transmission medium, factor, rescuers, headquarters, query, sign model

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Голіньком. Дата надходження рукопису 06.03.12.