

УДК 331.45:614.84

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2016

## К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ЕЕ РЕШЕНИЮ НА ПРИМЕРЕ КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА

**А.Э. Кирилов**

Бардымский филиал ООО «Газпром трансгаз Чайковский» (617760, Россия, г. Чайковский, Приморский бульвар, 30)

## EVALUATION OF TIME WHEN EVACUATION OF PRODUCTION SITE PERSONNEL BEGINS. WAYS TO OVERCOME THE CHALLENGE ON EXAMPLE OF COMPRESSOR SHOP

**A.E. Kirilov**

Filial of Gazprom Transgaz Tchaikovsky LLC in Barda (30 Primorskii blvd, Chaykovsky, 617760, Russian Federation)

Получена / Received: 24.02.2016. Принята / Accepted: 20.04.2016. Опубликовано / Published: 30.06.2016

### *Ключевые слова:*

эвакуация, спасение, пожарная безопасность, оперативные действия персонала, опасные факторы пожара, конвективная колонка, компрессорный цех, система оповещения и управления эвакуацией, пожарная сигнализация, газоперекачивающий агрегат, время начала эвакуации, время принятия решения, психодиагностика человека, сложная сенсомоторная реакция, простая сенсомоторная реакция.

### *Key words:*

evacuation, rescue, fire safety, operative actions of personnel, danger fire factors, convective column, compressor shop, notification and evacuation control system, fire alarm, gas-transporting unit, evacuation start time, decision time, human psychodiagnostics, complex sensory-motor reaction, simple sensory-motor reaction.

Рассматривается метод оценки времени начала эвакуации персонала, рабочие места которого расположены в машинном зале компрессорного цеха газотранспортного предприятия. В зависимости от параметра надежности системы оповещения и управления эвакуацией предложены два варианта определения времени начала эвакуации. Первый вариант предполагает, что система оповещения и управления эвакуацией находится в работоспособном состоянии и способна выполнить требуемую функцию оповещения людей о возникновении пожара. В этом случае время начала эвакуации определяется в зависимости от психофизических характеристик людей, времени срабатывания системы оповещения и управления эвакуацией, а также от длительности оперативных действий. Во втором варианте предполагается, что система оповещения и управления эвакуацией в момент возникновения пожара находится в состоянии отказа или таковая отсутствует на объекте. При этих условиях считается, что персонал обнаруживает пожар визуально, принимая образовавшуюся конвективную колонку, наполненную продуктами горения, за признак пожара. Время заполнения дымом конвективной колонки считается временем формирования визуального признака пожара. Как и в первом варианте, учитываются психофизические характеристики людей, длительность оперативных действий. Психофизические характеристики людей предлагается определять по результатам психодиагностического тестирования с помощью программно-вычислительных средств. Для оценки временных характеристик оперативных действий персонала предложен сетевой способ оценки быстродействия оператора. При разработке модели учитывались существующие проблемы оценки временных характеристик действия людей на начальных этапах эвакуации из опыта зарубежных и отечественных исследований поведения людей при пожаре.

The article describes a method for estimating start time of evacuation of personnel working in a machine room of a gas compressor shop operated by a pipeline company. The method provides two options for estimating evacuation start time depending on reliability of a notification and evacuation control system. The first option implies that a notification and evacuation control system operates properly and is able to act as alarm in case of fire. In such circumstances evacuation start time is estimated depending on psychophysical characteristics of humans, response time of a notification and evacuation control system and duration of operative actions. The second option implies that a notification and evacuation control system is out of order or not installed in a room. In this case employees are considered to detect fire visually assuming that a formed convective column of flue gases is the source of fire danger. Time taken by smoke to fill a convective column is considered as time needed for a person to detect fire. Psychophysical characteristics of humans and duration of operative actions are considered as well as in the first case. It is suggested that psychophysical characteristics of humans should be determined by results of computer-based psychodiagnostics. In order to estimate time needed for personnel to take prompt actions the article offers a network approach for evaluation of response speed of an operator. A method for estimating evacuation start time was developed taking into account current methodological issues in estimation of time characteristics of human actions during first stages of evacuation based on foreign and domestic research on human behavior in case of fire.

**Кирилов Альберт Эрнстович** – инженер (моб. тел.: +007 922 317 38 40, e-mail: [cever78@yandex.ru](mailto:cever78@yandex.ru)).

**Albert E. Kirilov** – Engineer (mob. tel.: +007 922 317 38 40, e-mail: [cever78@yandex.ru](mailto:cever78@yandex.ru)).

## Введение

Согласно нормативным требованиям [1] оценка времени начала эвакуации людей  $\tau_{НЭ}$  при возникновении пожара определяется исходя из времени срабатывания системы оповещения и управления эвакуации (СОУЭ). В случае ее отсутствия  $\tau_{НЭ}$  принимается равным 0,5 минуты для этажа, на котором возник пожар, и 2 минуты для вышележащих этажей. Если пожар возник в зальном помещении, где он может быть одновременно обнаружен находящимися в помещении людьми, то  $\tau_{НЭ}$  допускается принимать равным нулю. Допускается принимать величину  $\tau_{НЭ}$  исходя из результатов исследований поведения людей при пожарах на объектах конкретного назначения. Перечисленные условия определения  $\tau_{НЭ}$  вызывают вопросы у разных исследователей. С точки зрения особенностей поведения людей не учитываются их сенсомоторные свойства, процессы восприятия, оценка и переработка информации, принятия решения, которые являются естественными для каждого человека и в условиях возникновения пожарной опасности могут оказать задержку эвакуации. Влияние указанных причин на процесс эвакуации отмечается в трудах отечественных и зарубежных ученых. В частности, установлено, что предпринимаемые людьми действия после обнаружения ими признаков пожара могут быть разнообразными, зависящими от множества факторов. Например, от совершаемых действий в момент поступления сигнала, поиска дополнительной информации, подтверждающей достоверность сигнала о пожаре, от вида поступившего сигнала, социальной роли человека, родственных отношений, должностных обязанностей и т.д. [2–10]. Нередкими являются случаи, когда люди, рискуя жизнью, возвращаются в горящее здание или строение, пытаясь спасти имущество. Для персонала производственных объектов, как правило, существуют обязанности по выполнению оперативных действий при возникновении пожара. Например, если принимать во внимание компрессорный цех газотранспортного предприятия, то персоналу этого объекта в случае обнаружения пожара необходимо принять меры для остановки технологического процесса с целью

недопущения развития аварии и уже после этого эвакуироваться. Персонал производственного объекта может принимать участие в тушении пожара либо оказывает какую-либо помощь подразделениям пожарной охраны. Задержка эвакуации может быть обусловлена организованной инерционностью СОУЭ, которая зависит от действия ее операторов. С точки зрения надежности, не учитывается возможность нахождения СОУЭ в состоянии отказа или вынужденного простоя.

Научно-исследовательские работы по изучению поведения людей в зданиях детских дошкольных учреждений, школ и стационаров, проводимые академией государственной противопожарной службы МЧС России, позволили разработать метод определения  $\tau_{НЭ}$ , в котором учитывается поведение функционального контингента этих объектов [11]:

$$\tau_{НЭ} = t_{ин} + t_{р.в} + t_{р.д} \quad (1)$$

где  $t_{ин}$  – интервал времени с момента возникновения пожара до формирования командного сигнала на включения СОУЭ, с;  $t_{р.в}$  – время реакции на сигнал о пожаре педагогов (воспитателей), определяемое с момента получения ими этого сигнала до начала подготовки детей к эвакуации;  $t_{р.д}$  – время подготовки детей к эвакуации, т.е. интервал времени с момента подачи воспитателями сигнала детям о необходимости покинуть помещение до начала эвакуации. Итак, возникают достаточные основания предполагать, что оценка  $\tau_{НЭ}$  для персонала производственных объектов таким же образом должна складываться из параметров, характеризующих реагирование людей на возникшую ситуацию, и длительности совершаемых ими действий до начала движения по эвакуационным путям. Следовательно, условия  $\tau_{НЭ} = t_{СОУЭ}^{сраб}$ , где  $t_{СОУЭ}^{сраб}$  – время срабатывания СОУЭ и  $\tau_{НЭ} = 0$  для помещений зального типа, принятые в нормативном документе [1], следует пересмотреть с учетом перечисленных замечаний. Метод определения  $\tau_{НЭ}$  (формула (1)), по мнению автора, свидетельствует о необходимости разработки методологии оценок  $\tau_{НЭ}$  персонала производственных объектов, в которой бы учитывались все вышеизложенные

факторы, способные оказать задержку эвакуации в конкретных производственных условиях.

На основании этого предположения и с использованием разработки в области моделирования пожаров, оценки надежности систем активной противопожарной защиты, методов психодиагностического тестирования людей, аппарата инженерной психологии, технологических особенностей конкретного производственного объекта предложен метод оценки времени начала эвакуации для персонала компрессорного цеха газотранспортного предприятия.

### Оценка времени начала эвакуации персонала компрессорного цеха

Согласно ведомственным правилам оперативные действия персонала компрессорного цеха таковы:

- проверка достоверности поступившего сигнала о пожаре;
- аварийный останов технологического оборудования в зоне пожара либо всего технологического процесса объекта;
- сообщение о пожаре старшему должностному лицу;
- контроль запуска автоматических установок пожаротушения.

В этом случае величину  $\tau_{НЭ}$  с учетом вышеизложенных замечаний предлагается определять по следующему выражению:

$$\tau_{НЭ} = \begin{cases} t_{сраб}^{СОУЭ} + t_{чел}^{псмп} + t_{ПР} + t_{ПЭ} + t_{О.д} & \text{при } K_{гот}^{СОУЭ} \geq 0,95, \\ t_{ПП}^{обр} + t_{чел}^{смп} + t_{ПР} + t_{ПЭ} + t_{О.д} & \text{при } K_{гот}^{СОУЭ} < 0,95, \end{cases} \quad (2)$$

где  $t_{сраб}^{СОУЭ}$  – время срабатывания СОУЭ с учетом ее инерционности, с;  $t_{чел}^{псмп}$  – время простой сенсорной реакции человека, с;  $t_{ПР}$  – время принятия решения, с;  $t_{ПЭ}$  – время, необходимое на подготовку к эвакуации;  $t_{О.д}$  – длительность оперативных действий (отключение технологического оборудования, использование средств пожаротушения, запуск установок противопожарной защиты и др.), с;  $K_{гот}^{СОУЭ}$  – коэффициент готовности СОУЭ;  $t_{ПП}^{обр}$  – время образования признака пожара, с;  $t_{чел}^{смп}$  – время сложной сенсорной реакции человека, с.

Величину  $t_{сраб}^{СОУЭ}$  целесообразнее определить в процессе эксплуатации или на стадии приемно-сдаточных мероприятий (пусконаладка, модернизация, огневые испытания, противоаварийные тренировки и т.п.). На стадии проектирования СОУЭ  $t_{сраб}^{СОУЭ}$  находится суммированием  $t_{инерц}^{СОУЭ} = \sum_{i=1}^n t_i$ , где  $t_i$  – время срабатывания  $i$ -го элемента СОУЭ, с.

Параметр  $t_{чел}^{смп}$  необходимо учитывать по той причине, что он характеризует работу центральной нервной системы человека, обеспечивающей его сенсомоторную деятельность [13]. Время простой сенсомоторной реакции человека складывается из времени возбуждения рецепторов слухового аппарата, передачи возбуждения к соответствующим отделам коры мозга, времени запуска моторной программы и собственного моторного компонента реакции [14]. Таким образом,  $t_{чел}^{псмп}$  следует считать необходимым для оценки  $\tau_{НЭ}$ . Величина  $t_{чел}^{псмп}$  может быть определена на практике психодиагностическим тестированием, в ходе которого определяется время сенсомоторного реагирования человека на звуковой раздражитель [14, 15]. Оценка сенсомоторной реакции может быть выполнена хронометрическим анализом с помощью специализированных программно-вычислительных средств.

Время принятия решения  $t_{ПР}$  как фактор задержки эвакуации был определен зарубежными специалистами в ходе исследований поведения людей при анонсированных и неанонсированных эвакуационных мероприятиях [2, 3]. В этих же источниках приведены некоторые статистические характеристики распределения  $t_{ПР}$  (таблица).

Параметр  $t_{ПЭ}$  необходимо учитывать в том случае, если для выхода на эвакуационные пути потребуется двигаться по технологической установке или конструктивным элементам здания, используя поручни, скобы, фермы, балки, крановые пути, лестницы и др. Для персонала компрессорного цеха местом начала эвакуации могут быть и отсеки газотурбинной установки, движение в которых может выполняться ползком или другим подобным способом. Оценка  $t_{ПЭ}$  осуществляется хронометрическим методом непосредственно на рабочем месте.

Статистические сведения о времени  
принятия решения в зависимости  
от типа сигнала о пожаре

Статистические характеристики распределения вероятности времени	Сигнализация	Пламя	Дым
Среднее значение	8,31	8,17	11,67
Нижняя и верхняя границы 95%-ного доверительного интервала	5,12 11,50	6,77 9,57	7,93 15,40
Медиана	4,35	5,75	6,9
Среднее квадратическое отклонение	10,23	5,69	14,57
Минимальное значение	0,90	0,70	0,40
Максимальное значение	52,9	23,8	62,00

Для определения длительности оперативных действий по отключению технологического оборудования или остановке технологического процесса целесообразнее воспользоваться сетевым методом оценки быстродействия оператора [16]:

$$\tau_{\text{оп}} = \max L_j, \quad (3)$$

где  $L_j$  – длина  $j$ -го полного пути, с.

В этом случае деятельность человека разбивается на ряд отдельных действий, имеющих в контексте задачи определенный смысл. Длительность выполнения оперативных действий будет приравняться продолжительности критического пути.

Параметр  $K_{\text{гот}}^{\text{COУЭ}}$  выражает вероятность работоспособного состояния СОУЭ в произвольный момент времени [17]:

$$K_{\text{гот}}^{\text{COУЭ}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{Pi}}{\sum_{i=1}^n t_{Pi} + \sum_{i=1}^n t_{ni}}. \quad (4)$$

Здесь  $\sum_{i=1}^n t_{Pi}$  – суммарное время исправной работы СОУЭ;  $\sum_{i=1}^n t_{ni}$  – суммарное время вынужденного простоя СОУЭ;  $n$  – число отказов (ремонт) СОУЭ.

## Время образования признака пожара

Время образования признака пожара  $t_{\text{ПП}}^{\text{обп}}$  предлагается определять исходя из положения, что человек визуально обнаруживает объект, обладающий признаками пожара, появившийся на рабочем месте. В качестве такого объекта предлагается принять конвективную колонку от очага пожара, заполненную продуктами горения (дымом), поскольку дым, как и пламя, является наиболее вероятным сигналом пожара [3]. При расчете  $t_{\text{ПП}}^{\text{обп}}$  следует принять следующие условия и допущения:

– геометрические параметры и компоновка помещения должны соответствовать тем условиям, при которых может быть использована зонная модель пожара;

– рабочие места персонала расположены на площадках обслуживания газоперекачивающих агрегатов.

Используя выражение, описывающее геометрический объем усеченного конуса, составим формулу для определения объема конвективной колонки,  $\text{м}^3$ :

$$V_k = \frac{z}{3} (F'_r + F_r + \sqrt{F_r F'_r}), \quad (5)$$

где  $z$  – расстояние от поверхности горения до перекрытия, м;  $F'_r$  – проекция  $F_r$  на поверхность перекрытия помещения,  $\text{м}^2$ ,  $F'_r = \pi (r_{F_r} + z \operatorname{tg} \gamma)^2$ ;  $\gamma$  – угол полураскрытия конвективной колонки, град;  $F_r$  – площадь поверхности горения пожарной нагрузки (нижнее основание усеченного конуса),  $\text{м}^2$ ;

Величина  $\gamma$  определяется выражением [18]

$$\gamma = \frac{0,21}{F_{\text{пот}}} \left( \frac{g Q_{\text{П}} (1 - \chi)}{\rho_0 c_p T_0} \right), \quad (6)$$

где  $F_{\text{пот}}$  – площадь потолка помещения,  $\text{м}^2$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $Q_{\text{П}}$  – конвективная производительность пожара, Вт;  $\chi$  – доля, приходящая на поступающую в ограждение теплоту от выделившейся в очаге горения;  $\rho_0$  – плотность окружающего воздуха

в начальный момент времени,  $\text{кг/м}^3$ ;  $c_p$  – удельная изобарная теплоемкость воздуха,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  $T_0$  – температура окружающего воздуха,  $\text{К}$ .

Расход продуктов горения в конвективной колонке  $G_d$ ,  $\text{кг/с}$ , находится по формуле [19]

$$G_d = 0,032 \left( \frac{Q_{\Pi}(1-\chi)}{1000} \right)^{3/5} z \quad (z \leq z_{\text{ПЛ}}), \quad (7)$$

где  $z_{\text{ПЛ}}$  – высота пламенной зоны,  $\text{м}$ .

Конвективная производительность пожара определяется по формуле [18]

$$Q_{\Pi} = \eta \psi_{\text{уд}} Q_{\text{н}}^p F_{\text{г}}, \quad (8)$$

где  $\eta$  – коэффициент полноты горения;  $\psi_{\text{уд}}$  – удельная скорость выгорания,  $\text{кг/м}^2\text{с}$ ;  $Q_{\text{н}}^p$  – низшая теплота сгорания,  $\text{Дж/кг}$ ;  $F_{\text{г}}$  – площадь поверхности горения,  $\text{м}^2$ .

Площадь поверхности горения определяется исходя из условия, что пожар находится в начальной стадии развития.

Если значение  $z$  превышает  $z_{\text{ПЛ}}$ , то расход дыма в конвективной колонке определяется по формуле [19]

$$G_d = 0,071 \left( \frac{Q_{\Pi}(1-\chi)}{1000} \right)^{1/3} z^{5/3} + 1,8 \cdot 10^{-6} Q_{\Pi}(1-\chi) \quad (z > z_{\text{ПЛ}}). \quad (9)$$

Высота пламенной зоны определяется из выражения [19]

$$z_{\text{ПЛ}} = 0,166 \left( \frac{Q_{\Pi}(1-\chi)}{1000} \right)^{2/5}. \quad (10)$$

В итоге составлена формула для нахождения времени образования признака пожара:

$$t_{\text{ПП}}^{\text{обр}} = \frac{V_{\text{к}} \rho_{\text{д}}}{G_d}. \quad (11)$$

Здесь  $\rho_{\text{д}}$  – плотность газов в конвективной колонке,  $\text{кг/м}^3$ . Величина  $\rho_{\text{д}}$  может быть определена из источника [20].

При расчете  $t_{\text{ПП}}^{\text{обр}}$  необходимо установить диапазон значений  $F_{\text{г}}$ , при котором бы выполнялись все условия, необходимые для образова-

ния свободной конвективной струи от очага пожара в виде усеченного конуса. Кроме того, необходимо установить  $\min\{F_{\text{г}}\}$ , при котором конвективная колонка может быть обнаружена и воспринята как признак пожарной опасности. Величину  $\min\{F_{\text{г}}\}$  можно установить в ходе огневых испытаний установок активной противопожарной защиты, если это позволяют производственные условия, или же в ходе специальных экспериментальных исследований. Величина  $\min\{F_{\text{г}}\}$  также может быть установлена посредством методов экспертных оценок.

Как и в случае оценки  $t_{\text{чел}}^{\text{псмп}}$ , при визуальном обнаружении признака пожара последует сенсорная реакция человека. Однако при этом будет задействован зрительный аппарат человека. Оценка времени сенсорной реакции на визуальный раздражитель может быть проведена хронометрическим анализом сложной сенсорной реакции – с помощью параметра, характеризующего процесс опознания визуального раздражителя и отнесение его к определенной группе (в данном случае к пожарной опасности).

При определении параметров  $t_{\text{чел}}^{\text{псмп}}$ ,  $t_{\text{чел}}^{\text{ссмп}}$ ,  $t_{\text{ПЭ}}$ ,  $t_{\text{О.Д.}}$ ,  $t_{\text{сраб}}^{\text{СОУЭ}}$  следует учитывать правила проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных. Для оценки параметров  $t_{\text{чел}}^{\text{псмп}}$ ,  $t_{\text{чел}}^{\text{ссмп}}$  могут быть использованы современные компьютеризированные психодиагностические комплексы, которые в настоящее время находят широкое применение в организациях для профессиональной психодиагностики персонала. В системе ПАО «Газпром» используется психодиагностический комплекс «ЕПДК – Персонал плюс», с помощью которого указанные параметры могут быть определены с высокой реестровой надежностью. Параметры  $t_{\text{ПЭ}}$ ,  $t_{\text{О.Д.}}$  могут быть определены в ходе анонсированных (неанонсированных) эвакуационных мероприятий при противопожарных тренировках.

## Заключение

В настоящее время процесс эвакуации достаточно хорошо изучен с точки зрения движения людей в потоке по эвакуационным путям. Однако это только часть эвакуационного процесса, и она не отражает все аспекты этого

явления. Если рассмотреть процесс эвакуации поэтапно и спроецировать эту схему на нормативно-методологическую базу, используемую при эвакуационном планировании, то становится очевидным ее недостаток при оценке времени образования перцептивных образов пожарной опасности, которые в реальности являются причиной эвакуационных действий людей. Система знаний таких научных дисциплин, как инженерная психология, теплофизика пожара, психофизика и психофизиология, теория надежности, по мнению автора, представляет собой достаточно емкие архивы и качественные аппараты, которые можно «связать» воедино для качественного и количественного описания процесса обнаружения пожара человеком. В статье рассмотрен один из вариантов такого подхода. Следует заметить, что качественное и количественное описание процесса формирования признаков пожара, скорости распространения опасных факторов

пожара в пространстве производственного помещения может принести существенную пользу при обучении мерам пожарной безопасности персонала компрессорных цехов. Сотрудники указанных объектов проявляют заинтересованность в подобной информации, которая может пригодиться для выяснения вариантов их собственных действий при возникновении пожара, а это ставит вопрос о необходимости включения в инструкции по пожарной безопасности (как источник безопасных методов ведения трудовой деятельности на производстве и способов спасения при пожаре) соответствующего информационного материала. Таким образом, рассмотрен метод оценки времени начала эвакуации персонала компрессорного цеха, учитывающий показатели надежности СОУЭ, время ее срабатывания, время образования признака пожара, длительность оперативных действий и психофизические характеристики людей.

### Список литературы

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: утв. 10.07.2009 приказом МЧС России № 404; зарег. в Минюсте РФ 17.07.2009, рег. 14541; введ. 10.07.2009. – М.: ФГУП ВНИИПО МЧС России, 2009.

2. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть II. Действия в смоделированной ситуации «пожар в торговом комплексе» / Д.Т. Шильдс, К. Бойс, В.В. Холщевников, Д.А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – Т. 14, № 3. – С. 47–58.

3. Самошин Д.А. Применение концепции «человек – среда – пожар» для понимания поведения персонала торговых комплексов при пожаре: дис. д-ра философии / Инженерный факультет Ольстерского университета. – Ольстер, 2004.

4. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, И.Р. Белосохов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 3. – С. 41–51.

5. Белосохов И.Р. К проблеме формирования продолжительности времени начала эва-

куации людей при пожаре // Технологии техносферной безопасности. – 2011. – Вып. 2 (36). – 9 с.

6. Bryan J.L. Human behaviour in the fire the developmental and maturity of a scholarly study area // Human Behaviour in Fire – Proceedings of the First International Symposium. – Belfast: University of Ulster, 1998. – P. 3–12.

7. Shields T.J., Boyce K.E., Silcock G.W.H. Towards the characterization of large retail stores // Human Behaviour in Fire – Proceedings of the First International Symposium. – Belfast: University of Ulster, 1998. – P. 277–290.

8. Sime J. The concept of panic. Fires and human behaviour / ed. D. Canter. – London: John Wiley and Sons, 1980. – P. 63–82.

9. Sime J. Escape behaviour in fires: panic or affiliation?: PhD thesis. – University of Surrey, 1984.

10. Wood P. Behaviour under stress: people in fires: PhD thesis. – Loughborough: University of Technology, 1979.

11. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий

и пути их устранения. Окончание / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, И.Р. Белосохов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 4. – С. 31–39.

12. ВППБ-01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности: утв. 18.06.1998 приказом Минтопэнерго РФ № 214. Введ. 16.09.1998. Приказ ОАО «Газпром» №120.

13. Шутова С.В., Муравьева И.В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния центральной нервной системы // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18, № 5. – С. 2831–2840.

14. Зайцев А.В., Лупандин В.И., Сурнина О.Е. Время реакции в теоретических и прикладных исследованиях // Психологический вестник Уральского государственного университета. – Екатеринбург: Банк культурной информации, 2002. – Вып. 3. – С. 3–20.

15. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека: учебник для вузов. – СПб.: Питер: Питер принт, 2003. – 382 с.

16. Справочник по инженерной психологии / под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.

17. Надежность технических систем и техногенный риск / В.А. Акимов, В.Л. Лапин, В.М. Попов [и др.]. – М.: Деловой экспресс, 2002. – 368 с.

18. Новые представления о расчете необходимого времени эвакуации людей и об эффективности использования портативных фильтрующих самоспасателей при эвакуации на пожарах: монография / С.В. Пузач, А.В. Смагин, О.С. Лебедченко, Е.С. Абакумов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 222 с.

19. Нгуен Тхань Хай. Особенности расчета скорости опускания нижней границы припотолочного задымленного нагретого газового слоя при пожаре в атриуме // Технологии техносферной безопасности. – 2009. – Вып. 6 (28). – 10 с.

20. Пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91. Противодымная защита при пожаре [Электронный ресурс] // Консультант плюс: справочная система. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 12.12.2015).

## References

1. Metodika opredeleniia raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh ob'ektakh [Methodology for determining calculated values of fire risk at work sites]: utverzhdена 10.07.2009 prikazom MChS Rossii № 404; zaregistrirrovana v Miniuste RF 17.07.2009, reg. 14541; vved. 10.07.2009. Moscow: FGUP VNIPO MChS Rossii, 2009.

2. Shil'ds D.T., Bois K., Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A. Povedenie personala torgovykh kompleksov pri pozhare. Chast' II. Deistviia v smodelirovannoi situatsii «pozhар v torgovom komplekse» [Behavior of the Supermarket Personnel at Fire. Part II. Movement in a Modeled Situation "Fire in a Supermarket"]. *Fire and Explosion Safety*, 2005, vol.14, no.3, pp.47-58.

3. Samoshin D.A. Primenenie kontseptsii «chelovek – sreda – pozhар» dlia ponimaniia povedeniia personala torgovykh kompleksov pri pozhare [Application of the concept of "man – environment – fire" for understanding the behavior of shopping malls personnel in case of fire]:

dissertatsiia doktora filosofii. Ol'ster: Inzhenernyi fakul'tet Ol'sterskogo universiteta, 2004.

4. Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A., Belosokhov I.R. et al. Paradoksy normirovaniia obespecheniia bezopasnosti liudei pri evakuatsii iz zdaniia i puti ikh ustraneniia [Paradoxes of valuation during ensuring of safety of people in evacuation from buildings and ways to its overcome]. *Fire and Explosion Safety*, 2011, vol.20, no.3, pp.41-51.

5. Belosokhov I.R. K probleme formirovaniia prodolzhitel'nosti vremeni nachala evakuatsii liudei pri pozhare [The problem of forming the duration of pre-movement time of people in case of fire]. *Technology of technosphere safety*, 2011, vol.2 (36), p.9.

6. Bryan J.L. Human behaviour in the fire the developmental and maturity of a scholarly study area. *Human Behaviour in Fire – Proceedings of the First International Symposium*. Belfast: University of Ulster, 1998. Pp.3-12.

7. Shields T.J., Boyce K.E., Silcock G.W.H. Towards the characterization of large retail stores.

*Human Behaviour in Fire – Proceedings of the First International Symposium*. Belfast: University of Ulster, 1998. Pp.277-290.

8. Sime J. The concept of panic. Fires and human behaviour. Ed. D. Canter. London: John Wiley and Sons, 1980. Pp.63-82.

9. Sime J. Escape behaviour in fires: panic or affiliation? PhD thesis. University of Surrey, 1984.

10. Wood P. Behaviour under stress: people in fires: PhD thesis. Loughborough University of Technology, 1979.

11. Kholshchevnikov V.V., Samoshin D.A., Belosokhov I.R. et al. Paradoкsy normirovaniia obespecheniia bezopasnosti liudei pri evakuatsii iz zdanii i puti ikh ustraneniia. Okonchanie [Paradoxes of valuation during ensuring of safety of people in evacuation from buildings and ways to its overcome. Final]. *Fire and Explosion Safety*, 2011, vol.20, no.4, pp.31-39.

12. VPPB-01-04-98. Pravila pozharnoi bezopasnosti dlia predpriatii i organizatsii gazovoi promyshlennosti [Fire safety regulations for enterprises and organizations of gas industry]: utv. 18.06.1998 prikazom Mintopenergo RF № 214. vved. 16.09.1998. Prikaz OAO «Gazprom» №120.

13. Shutova S.V., Murav'eva I.V. Sensomotornye reaktsii kak kharakteristika funktsional'nogo sostoiianiia tsentral'noi nervnoi sistemy [Sensorimotor reactions as characteristics of functional state of CNS]. *Tomsk State University journal*, 2013, vol.18, no.5, pp.2831-2840.

14. Zaitsev A.V., Lupandin V.I., Surnina O.E. Vremia reaktsii v teoreticheskikh i prikladnykh issledovaniiaxh [The reaction time in the theoretical

and applied research]. *Psychological Bulletin of Ural State University*, 2002, vol.3, pp.3-20.

15. Il'in E.P. Psikhomotornaia organizatsiia cheloveka [Psychomotor man organization]: uchebnik dlia vuzov. Sankt-Petersburg: Piter: Piter print, 2003. 382 p.

16. Lomov B.F. (Ed.) Spravochnik po inzhenernoi psikhologii [Handbook of Engineering Psychology]. Moscow: Mashinostroenie, 1982. 368 p.

17. Akimov V.A., Lapin V.L., Popov V.M. et al. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyi risk [Reliability of technical systems and technological risks]. Moscow: Delovoi ekspress, 2002. 368 p.

18. Puzach S.V., Smagin A.V., Lebedchenko O.S., Abakumov E.S. Novye predstavleniia o raschete neobkhodimogo vremeni evakuatsii liudei i ob effektivnosti ispol'zovaniia portativnykh fil'truishchikh samospasatelei pri evakuatsii na pozharakh [New concepts of calculating time required for evacuation of people and of effectiveness of use of portable filtering self-rescuers to evacuate in case of fire]: monografiia. Moscow: Akademiia GPS MChS Rossii, 2007. 222 p.

19. Nguen Tkhan' Khai. Osobennosti rascheta skorosti opuskaniia nizhnei granitsy pripotolchnogo zadymlennogo nagretogo gazovogo sloia pri pozhare v atriume [Calculation of features of velocity lowering lower bound ceiling jet smoke hot gases layer in a fire at atrium]. *Technology of Technosphere Safety*, 2009, vol.6 (28), p.10.

20. Posobie 4.91 k SNiP 2.04.05-91. Protivodymnaia zashchita pri pozhare [Smoke protection in case of fire]. *Konsul'tant plius: spravochnaia sistema*, available at: <http://www.consultant.ru>.

Просьба сослаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Кирилов А.Э. К проблеме оценки времени начала эвакуации людей на производственных объектах. Предложение по ее решению на примере компрессорного цеха // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т.15, №19. – С.193–200. DOI: 10.15593/2224-9923/2016.19.10

Please cite this article in English as:

Kirilov A.E. Evaluation of time when evacuation of production site personnel begins. Ways to overcome the challenge on example of compressor shop. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2016, vol.15, no.19, pp. 193-200. DOI: 10.15593/2224-9923/2016.19.10