

Основными причинами возникновения неполадок, установленными комиссиями АГПЗ являются:

- отказ оборудования;
- человеческий фактор;
- нарушение при техническом обслуживании и ремонте оборудования.

В результате проделанной работы, направленной на предупреждение и недопущение аварийных ситуаций на Астраханском газоперерабатывающем заводе в 2016 году, аварий и инцидентов не зарегистрировано.

Основными задачами в области промышленной безопасности являются следующие:

1. Обеспечение безаварийной работы опасных производственных объектов АГПЗ.
2. Обеспечение выполнения мероприятий по устранению нарушений, указанных в предписаниях Ростехнадзора и Газнадзора.
3. Обеспечение готовности структурных подразделений АГПЗ к локализации и ликвидации последствий возможных инцидентов и аварий и других чрезвычайных ситуаций путем своевременного и качественного проведения учебных тревог и учебно-тренировочных занятий по плану мероприятий ликвидации аварий объектов завода.
4. Повысить эффективность осуществления производственного контроля за соблюдением

требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах Астраханского газоперерабатывающего завода за счет:

- качественного проведения 1-3 уровней АПК персоналом, специалистами и руководителями, эксплуатирующими опасные производственные объекты;
 - проведения анализа нарушений, выявленных по результатам контрольных обследований в рамках производственного контроля;
 - разработки мероприятий по устранению и недопущению в дальнейшем нарушений, выявленных в ходе проверок и осуществления контроля их выполнения.
5. Обеспечить выполнение «Программы основных мероприятий по промышленной безопасности и снижению рисков возникновения аварий на опасных производственных объектах ООО «Газпром добыча Астрахань».
 6. Обеспечить проведение аттестации в области промышленной безопасности работников завода в соответствии с установленными сроками и утвержденным графиком периодической аттестации, в том числе кадровый резерв, планируемый на замещения.
 7. Обеспечить своевременное проведение экспертизы промышленной безопасности, технических устройств, зданий и сооружений.

Список литературы

1. Официальный сайт ООО «Газпром добыча Астрахань» <https://astrakhandobycha.gazprom.ru/>
2. Отчетная документация деятельности АГПЗ за 2015 год.
3. Отчетная документация деятельности АГПЗ за 2016 год.

© А. Г. Горбунова, А. М. Капизова, А. Э. Усынина

Ссылка для цитирования:

А. Г. Горбунова, А. М. Капизова, А. Э. Усынина. Организация системы промышленной безопасности на газоперерабатывающем предприятии в Астраханской области // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С. 113-116.

УДК 614.841.33

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ

Ю. А. Курбатова, А. П. Парфененко

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

В области исследования движения людских потоков появляются программы, разработчики которых, не обладают необходимыми знаниями о пожарной безопасности и параметрах движения людских потоков. Алгоритмы, заложенные в программно-вычислительные комплексы, дают неадекватные результаты, что снижает показатель безопасности людей в зданиях и сооружениях. В данной работе описаны особенности использования индивидуально-поточного моделирования эвакуации людей в зданиях и сооружениях при изменении ширины дверного проема. Также рассмотрены основные параметры людского потока, характерные для индивидуально-поточного моделирования. Проведен обзор программно-вычислительных комплексов, используемых при расчете рисков в зданиях и сооружениях. Проанализированы результаты моделирования эвакуации людей в программно-вычислительных комплексах.

Ключевые слова: моделирование, эвакуация, людской поток, пожар, безопасность людей, пожарная безопасность, интенсивность движения.

PROBLEMS OF PEOPLE'S EVACUATION MODELING

Yu. A. Kurbatova, A. P. Parfyonenko

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

In the field of the study of the human flows traffic, there are programs appear whose developers don't have the knowledge required about fire safety and the parameters of the human flows traffic. Algorithms embedded in software and computer systems give

inadequate results, which reduces the indicator of people's safety in buildings and structures. This work describes the features of using individual-flow evacuation modeling of people in buildings and structures when changing the width of the aperture of door. The main parameters of the human flow, characteristic of individual-flow modeling, are also considered. The survey of software and computer systems used in risks estimation of buildings and structures. The results of people's evacuation modeling in software and computer systems are analyzed.

Keywords: modeling, evacuation, human flow, fire, safety of people, traffic intensity.

Оценка планировочных решений с точки зрения безопасности жизни людей [1] при пожаре в зданиях и сооружениях неотъемлемо включает в себя расчет эвакуации людей. В данной статье рассматривается моделирование эвакуации людей в различных компьютерных программно-вычислительных комплексах. В области исследования движения людских потоков появляются программы моделирования эвакуации людей, которые, как показывает практика [2-4], дают неадекватные результаты из-за непонимания разработчиками закономерностей движения людских потоков. Поэтому алгоритмы, заложенные в программах, необходимо проверять на корректность получаемых данных, а сами программы - на соответствие используемых закономерностей между параметрами людских потоков и реальных процессов движения людей. Следовательно, анализ разрабатываемых компьютерных программно-вычислительных комплексов, которые используются для оценки времени эвакуации, является актуальной задачей, и существует острая необходимость тестировать программные комплексы и получать соответствующие заключения от компетентных специалистов перед выходом на общедоступный рынок. Моделирование движения людских потоков было рассмотрено в работах Парфененко А.П. «Методология моделирования людских потоков и практика программирования их движения при эвакуации» [5] и Холщевникова В.В. «Еще раз о моделировании людских потоков при оценке пожарного риска» [6].

В Методике определения расчетных величин пожарного риска [7] в зданиях представлены три расчетные модели движения людских потоков: упрощенно-аналитическая, имитационно-стохастическая и индивидуально-поточная модели.

Упрощенно-аналитическая модель позволяет установить расчетные зависимости между параметрами движения людских потоков [8, 9]. Данная модель наиболее простая и отработанная. Подразумевается, что люди при эвакуации создают равномерно распределенные потоки, не учитывается смешанность потоков эвакуирующихся (группа мобильности, площадь проекции, скорость). Поэтому данная модель дает адекватные результаты только при расчете эвакуации из геометрически простых помещений.

Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков позволяет с хорошей точностью оценивать качественную и количественную картину процесса движения людских

потоков при эвакуации. При расчете здание делится на элементарные участки, для каждого из которых производится множество расчетных операций в секунду. В данной модели присутствуют явления, свойственные людскому потоку [10-12]: растекание, переформирование, слияние, разуплотнение. Обе модели оперируют понятием людского потока, чувствительны к изменению геометрии здания, но не представляют возможным рассматривать движение отдельного человека в потоке.

Индивидуально-поточная модель предполагает моделирование передвижений отдельного человека с учетом его индивидуальных параметров (скорость, площадь проекции, мобильность). Данная модель используется для расчета эвакуации из здания со сложной внутренней планировкой [13].

В таблице 1 представлены особенности параметров движения людей, которые учитываются определенными моделями. Условные обозначения таблицы 1: + (модель учитывает данный процесс движения людей), - (модель не учитывает данный процесс движения людей).

Таблица 1
Процессы движения людских потоков

	Упрощенно-аналитическая модель	Имитационно-стохастическая модель	Индивидуально-поточная модель
Пересечение смежных участков пути	+	+	+
Переформирование людских потоков	-	+	+
Растекание людских потоков	-	+	+
Слияние людских потоков	+	+	+
Образование скоплений на участках пути	-	+	+
Разуплотнение людских потоков	-	+	+
Влияние физического и эмоционального состояния людей на движение людских потоков	-	+	+

Математическая модель выбирается, исходя из особенностей планировки здания, площади горизонтальных проекций людей, а также па-

раметров движения людей различных групп мобильности.

Для анализа программно-вычислительных комплексов были предложены расчетные схемы движения людей из помещения размерами 20x2 м с проемами шириной 0,8, 1,2, 1,6 м и движения из помещения без проема, т.е. по горизонтальному участку пути шириной 2 м. Для расчета было необходимо расположить 360 человек в помещении с площадью горизонтальной проекции каждого человека $f = 0,1 \text{ м}^2/\text{чел}$ и плотностью потока людей $D = 0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Согласно расчетным схемам, были получены результаты расчета в соответствии с Методикой определения расчетных величин пожарного риска [7]. Расчет времени осуществлялся по закономерностям движения людских потоков:

$$t_{\text{ск}} = \frac{N \cdot f}{q_{\text{при } D=0,9} \cdot b} \quad (1)$$

где N – количество людей, чел;

f – площадь горизонтальной проекции человека, $\text{м}^2/\text{чел}$;

$q_{\text{при } D=0,9}$ – интенсивность движения через участок при плотности 0,9 и более, м/мин;

b – ширина участка, при вхождении на который, образовалось скопление, м.

Интенсивность движения через дверной проем шириной менее 1,6 м определяется согласно зависимости:

$$q = 2,5 + 3,75 \cdot x \quad (2)$$

где x – ширина дверного проема, м.

Далее необходимо было смоделировать движение людей через различные проемы в программно-вычислительных комплексах и сравнить результаты ручного счета на соответствие с Методикой [7]. Предполагалось, что если программно-вычислительные комплексы учитывают закономерности движения людей в соответствии с Методикой, то результаты должны быть приближены к значениям, получаемым при расчете по упрощенно-аналитической модели. Если же отклонения результатов будет значительным, то использование перечисленных программ недопустимо. Визуализации моделирования движения людских потоков представлены на рисунках 1, 2, 3, 4, 5.

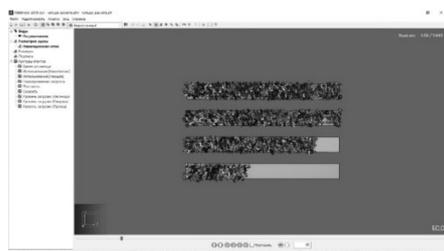


Рис. 1. Визуализация моделирования движения людского потока через проемы различной ширины в программно-вычислительном комплексе Pathfinder

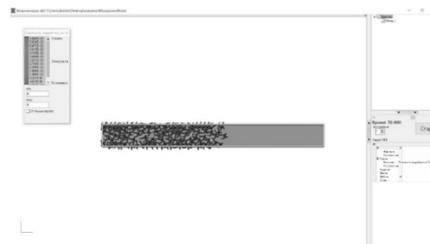


Рис. 2. Визуализация моделирования движения людского потока через проемы различной ширины в программно-вычислительном комплексе Сигма ПБ



Рис. 3. Визуализация моделирования движения людского потока через проемы различной ширины в программно-вычислительном комплексе Urban

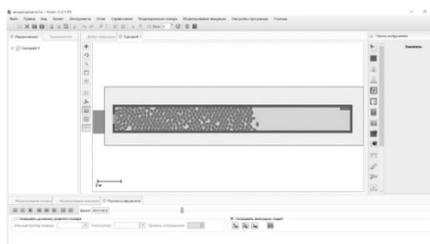


Рис. 4. Визуализация моделирования движения людского потока через проемы различной ширины в программно-вычислительном комплексе Fenix+

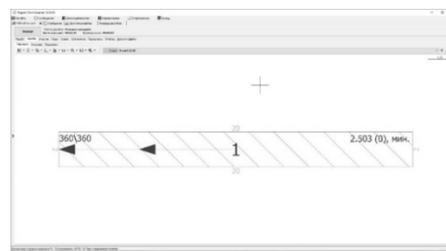


Рис. 5. Визуализация моделирования движения людского потока через проемы различной ширины в программно-вычислительном комплексе Фогард Pv

Главным недостатком многих программ является отклонения времени эвакуации от значения, которое было вычислено в соответствии с Методикой, то есть можно сделать вывод, что программы не учитывают закономерности движения потока людей. При рассмотрении горизонтального участка без двери наибольшее отклонение от эталона показал программно-вычислительный комплекс Fenix+ (43,24 %), при ширине дверного проема 1,6 м и 1,2 м наибольшее отклонение показала программа Сигма ПБ (63,01 % и 73,36 % соответственно), при ширине дверного проема 0,8 м – Урбан (84,52 %). Допустимым является отклонение, которое не превышает 5 %. Лишь один про-

граммно-вычислительный комплекс (Pathfinder) соответствует данному значению.

При моделировании движения людского потока были выявлены определенные недостатки программно-вычислительных комплексов. В программе Pathfinder необходимо вручную задавать исходные данные по закономерностям движения людских потоков при ширине проема менее 1,6 м. Иначе программа будет считать «эффект ложного проема», то есть уменьшение действительной ширины проема на короткое время из-за того, что люди, идущие с боков горизонтального пути, отталкиваются от углов к центру дверного проема при проходе через него, поскольку люди стремятся избежать быть прижатыми к углам дверного проема. В программно-вычислительном комплексе Сигма ПБ был отмечен трудоемкий процесс подготовки здания и создания сценария эвакуации, а также неудобный интерфейс. При расстановке людей в Сигма ПБ программа не дает выставить необходимую плотность людского потока, также не представляется возможным задавать исходные данные по закономерностям движения людей. Urban соединяет в себе недостатки программы Сигма ПБ, а также при автоматическом расположении людей по заданному количеству в заданной области программа расставляет людей не только в помещении, но и «внутри» ограждающих конструкций. Качественная картина движения людей отображается неадекватно, у программы отсутствуют понятия скопления, слияния, разуплотнения и др., люди двигаются с одинаковой скоростью, шагая по головам впереди идущих людей, в дверном проеме поток людей сливается в единое целое. Программа Fenix+ не дает возможность выставлять параметры движения людей при ширине дверного проема менее 1,6 м. Фогард Рв не показывается наглядно расположение дверей и людей, лишь их координаты

в табличном виде, нет визуализации расчета, следовательно, нельзя полно оценить процесс движения людского потока.

Также нерешенными проблемами являются отсутствие общепризнанных критериев допустимого качества программ для моделирования эвакуации, отсутствие требований к квалификации разработчиков программ, отсутствие развития рынка пожарных моделей, поскольку все новые разработки являются клонированием предыдущих, не добавляют новых подходов, моделей, исходных данных.

Проанализированы результаты моделирования движения людских потоков, получены отклонения, доказывающие необходимость тестирования программно-вычислительных комплексов. Полученные данные дают перспективу доработки существующих программ и показывают необходимость подтверждения квалификации разработчиков программно-вычислительных комплексов. В данный момент компьютерные комплексы для моделирования эвакуации людей проходят лишь добровольную сертификацию. Предполагается, что если каждая программа будет проходить обязательную сертификацию для подтверждения качества, правильности алгоритмов и получаемых результатов, если будут доведены существующие программы до соответствия с Методикой, если ведущие научные государственные организации будут выпускать методические руководства для разработчиков, расчетчиков и проектировщиков, если будут разработаны наборы тестовых примеров для подтверждения квалификации разработчиков программно-вычислительных комплексов, станет возможным выпуск на общедоступный рынок программ, которые дают адекватные результаты в соответствии с Методикой, учитывая все тонкости зависимостей движения людей.

Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от № 123-ФЗ: [принят Гос. Думой 04 июля 2008 г.; одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 г.]. // Собрание Законодательства Российской Федерации. - 2012. - № 29. - Ст. 3997.
2. Холщевников, В. В. Сопоставление различных моделей движения людских потоков и результатов программно-вычислительных комплексов / В. В. Холщевников, А. П. Парфененко // Пожаровзрывобезопасность. - 2015. - № 5. - С. 68-75.
3. Айбуев, З. С. - А. Свободное движение людей в потоке и проблемы индивидуально-поточного моделирования / З. С. - А. Айбуев, И. И. Исаев, М. В. Медяник // Пожаровзрывобезопасность. - 2015. - № 6. - С. 66-73.
4. Колодкин, В. М. Программные алгоритмы, реализующие модель движения людских потоков в системе управления эвакуацией людей из здания / В. М. Колодкин, М. Э. Галиуллин // Пожаровзрывобезопасность. - 2016. - №10. - С. 75-85.
5. Парфененко, А. П. Методология моделирования людских потоков и практика программирования их движения при эвакуации / А. П. Парфененко // Пожаровзрывобезопасность. - 2014. - № 12. - С. 46-55.
6. Холщевников, В. В. Еще раз о моделировании людских потоков при оценке пожарного риска / В. В. Холщевников // Пожаровзрывобезопасность. - 2012. - № 9. - С. 61-69.
7. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (с изм. от 12.12.2011 г., приказ МЧС РФ № 749): утвержден приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382; введен 30 июня 2009 г. // Российская газета. - 2009. - № 161.
8. Данченко, А. М. Применение индивидуально-поточной модели эвакуации при оценке рисков пожарной опасности в общественных зданиях / А. М. Данченко, В. С. Тараканов, В. В. Штерн // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. - 2014. - № 1. - С. 167-170.
9. Бараховская, О. В. К вопросу о расчете фактического времени эвакуации людей из помещения / О. В. Бараховская, А. С. Первалов // Пожаровзрывобезопасность. - 2010. - № 6. - С. 41-47.

10. Предтеченский, В. М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков / В. М. Предтеченский, А. И. Милинский. - Москва: Стройиздат, 1979. - 375 с.
11. Холщевников, В. В. Модели для расчета эвакуации людей устаревают / В. В. Холщевников // Пожаровзрывобезопасность. - 2017. - № 7. - С. 39-55.
12. Холщевников, В. В. Общая закономерность изменения параметров движения людских потоков различного функционального контингента в зданиях и сооружениях / В. В. Холщевников, А. Н. Гилетич, Д. В. Ушаков, А. П. Парфененко // Пожаровзрывобезопасность. - 2011. - № 12. - С. 32-41.
13. Бакиров, И. К. Индивидуально-поточная модель эвакуации, как эффективный метод вероятностного подхода при оценке рисков пожарной опасности в зданиях / И. К. Бакиров, М. М. Файзулина // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. - 2016. - С. 15-17.
14. Юртаев, Е. А. Особенности отечественной методики расчета эвакуации людей индивидуально-поточным методом, реализуемой при помощи зарубежных программ / Е. А. Юртаев, А. В. Вытовтов, Д. В. Русских // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». - 2018.

© Ю. А. Курбатова, А. П. Парфененко

Ссылка для цитирования:

Ю. А. Курбатова, А. П. Парфененко. Проблемы моделирования эвакуации людей // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С. 116-120.

УДК 622.242.422 622.276.04 622.279.04

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ
КОРРОЗИОННЫХ ДЕФЕКТОВ МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ**

И. В. Староконь

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

На сегодняшний день в мире ведется освоение морских месторождений нефти и газа с использованием морских стационарных платформ. За время эксплуатации морские платформы подвергаются активному коррозионному воздействию. В результате этого воздействия в элементах платформы образуются каверны, являющиеся концентраторами напряжений и способные вызвать критическое перенапряжение элементов платформы. Для предотвращения этой ситуации необходимо своевременно выявлять опасные коррозионные дефекты. В статье проводится оценка эффективности различных методов неразрушающего контроля применительно к выявлению опасных коррозионных дефектов на морских платформах. Также в статье приводятся новые формулы, полученные автором, позволяющие определить глубину коррозионных поражений на основе разницы температур в бездефектной и пораженной коррозией зонах.

Ключевые слова: морские стационарные платформы, коррозионные дефекты, каверны, экспериментальное исследование, неразрушающий контроль, тепловая диагностика.

**APPLICATION OF THERMAL CONTROL METHODS FOR ASSESSING THE DANGER OF THE DANGER
OF CORROSION DEFECTS OF MARINE STATIONARY PLATFORMS**

I. V. Starokon

Russian State University of Oil and Gas (national research university) named after I.M. Gubkin, Moscow, Russia

Today, the world is developing the offshore oil and gas fields using offshore stationary platforms. During operation, offshore platforms are exposed to corrosive attack. As a result of this effect, caverns are formed in the platform elements, which are stress concentrators and can cause critical overvoltage of the platform elements. To prevent this situation, it is necessary to identify hazardous corrosion defects in a timely manner. The article assesses the effectiveness of various non-destructive methods in identifying dangerous corrosion defects on offshore platforms. The article also provides new formulas obtained by the author, allowing to determine the depth of corrosion damage based on the temperature difference in defect-free and corroded zones.

Keywords: offshore stationary platforms, corrosion defects, caverns, experimental research, non-destructive testing, thermal diagnostics.

В РФ активно ведется освоение шельфовых месторождений нефти и газа с использованием морских стационарных платформ. Согласно Федеральному закону №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] морские стационарные платформы относятся к числу опасных производственных объектов. Опасные производственные объекты (ОПО) – это такие объекты при эксплуатации которых имеется значительный риск возникновения аварийной ситуации. Аварии на ОПО могут привести к возникновению пожаров и чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся

значительными жертвами среди персонала платформ и существенным экологическим ущербом. Следует отметить, что Россия обладает большим количеством морских стационарных платформ, построенных еще во времена СССР. На протяжении долгого времени эти платформы эксплуатировались в крайне неблагоприятных условиях окружающей среды. К этим условиям можно отнести как действие нагрузок (ледовых, волновых и т. д.), так и различных воздействий. Одним из самых агрессивных воздействий в морских условиях является коррозионное [2–9]. Коррозионное воз-