

Н. Г. ТОПОЛЬСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: ntopolskii@mail.ru)

А. В. КРЮЧКОВ, канд. техн. наук, доцент кафедры комплексной безопасности критически важных объектов, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина (Россия, 119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1; e-mail: kruchkov.a@gubkin.ru)

К. А. МИХАЙЛОВ, адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров, кафедра информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: mihkir.94@mail.ru)

НГУЕН ТУАН АНЬ, канд. техн. наук, и.о. начальника факультета, Институт пожарной безопасности Министерства общественной безопасности Вьетнама (Вьетнам, 100000, г. Ханой, ул. Хуат Зуй Тьен, 243; e-mail: tuan_moskva@mail.ru)

УДК 614.849:004.42

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

Проанализирована роль человека (программиста) в процессе эксплуатации и синтеза специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности (СПО АСПВБ). Рассмотрена модель оценки влияния человека (программиста) на устойчивость СПО АСПВБ нефтеперерабатывающих производств на примере единичной программной системы (ЕПС). Показано, что влияние программиста на ЕПС АСПВБ задается вектором перечисления внешней, концептуальной и внутренней схем данных и формализовано путем вывода общей функции влияния человека на СПО АСПВБ через трудозатраты на реализацию. Сделан вывод, что влияние человека на устойчивость СПО АСПВБ не зависит от количества используемых единичных программных систем.

Ключевые слова: специальное программное обеспечение; автоматизированная система пожаровзрывобезопасности; единичная программная система; нефтеперерабатывающие предприятия; объектно-ориентированное программирование.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.07-08.53-59

Введение

Нефтегазовый комплекс играет ключевую роль в экономике Российской Федерации. Его вклад в экономику страны в 2017 г. составил около 20 % валового внутреннего продукта, 50 % доходов федерального бюджета, 67 % объема экспорта. В то же время пожары и взрывы были и остаются одной из наиболее опасных угроз при работе нефтеперерабатывающих предприятий (НПП). Для их предотвращения, своевременного обнаружения и локализации используются различные способы. Наиболее эффективным средством остается применение автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности (АСПВБ) [1, 2]. Их составной частью, работа которой наибольшим образом влияет на успешность работы АСПВБ в целом, является программное обеспечение (ПО). Внутри данного объекта особо выделяется специальное ПО (СПО), под которым принято понимать программы, разрабатываемые на автоматизированных

рабочих местах (АРМ) операторов АСПВБ. СПО выполняет часть функций операторов АСПВБ в автоматизированном режиме и обеспечивает штатное функционирование ее основных подсистем. Поэтому от того, насколько надежной и устойчивой будет работа специального программного обеспечения внутри АСПВБ, зависит надежность и устойчивость АСПВБ НПП в целом.

Целью настоящей работы является оценка влияния человека (программиста) на устойчивость специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности НПП. Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие задачи: анализ роли человека (программиста) в процессе синтеза и эксплуатации специального программного обеспечения АСПВБ НПП; разработка модели оценки влияния человека на устойчивость СПО АСПВБ нефтеперерабатывающих производств.

Теоретические основы

При синтезе программ СПО в автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУТП), составной частью которой является АСПВБ [1, 2], необходимо задействовать большое число технических специалистов в области разработки СПО. Кроме того, в силу постоянных изменений в правилах и порядке эксплуатации того или иного оборудования НПП в СПО следует периодически вносить изменения. Зачастую для отдельных частей СПО АСПВБ (ввиду масштабности данного проекта) необходимо проводить синтез на информационных технологиях, принципы работы которых отличаются от принципов действия уже работающего СПО [3–5]. Это приводит к нарушению устойчивости работы СПО как на отдельных АРМ, так и в АСПВБ в целом. Такие проявления связаны прежде всего с человеческим фактором. Влияние человека на процессы синтеза и модернизации необходимо правильно оценить, поэтому следует построить модель оценки влияния человека на СПО АСПВБ.

Для построения модели будем считать, что СПО АСПВБ состоит из множества одинаковых по структуре элементов — единичных программных систем (ЕПС). Каждая из них выполняет роль программной оболочки на АРМ оператора АСПВБ. Рассмотрим построение искомой модели для одной ЕПС.

Согласно [6] модель реализации программ с помощью языка высокого уровня может быть сведена к схеме, представленной на рисунке. Схема включает два блока, связанные с ЕПС, реализующей функции обработки данных конкретной предметной области. Первый блок относится к модели данных

предметной области, второй — к программам обработки данных.

Модель данных предметной области включает в себя три представления: внешнее, концептуальное и внутреннее, а модель программ (точнее сказать программы СПО АСПВБ, так как о моделях программ говорить не принято) содержит отражение требований специалистов (см. рисунок): оператора, заказчика (технического писателя, проектировщика), кодировщика (программиста), тестировщика, специалиста в области безопасности данных и программ. Помимо них, в данном блоке могут быть собраны требования к функциям других ролей участников процесса синтеза СПО АСПВБ в соответствии с предлагаемой ныне моделью технологической зрелости организаций [7] или Capability Maturity Model (СММ) [8, 9].

Общее число ролей участников процесса синтеза СПО в СММ [7–9] обычно больше. Однако в нашем случае число ролей участников значения не имеет, так как в рассматриваемых в статье моделях будет меняться лишь размерность соответствующих множеств.

Модель процесса синтеза СПО АСПВБ в терминах реляционной алгебры для приведенного на рисунке отображения может быть математически представлена в виде суперпозиции двух множеств. В их состав должны входить определяющие их представления, каждое из которых является сложным множеством, состоящим из нескольких уровней иерархии. Рассматривая последовательно каждую из двух групп представлений, входящих в модель синтеза СПО АСПВБ, можно получить две группы близких по форме формул для функции вли-

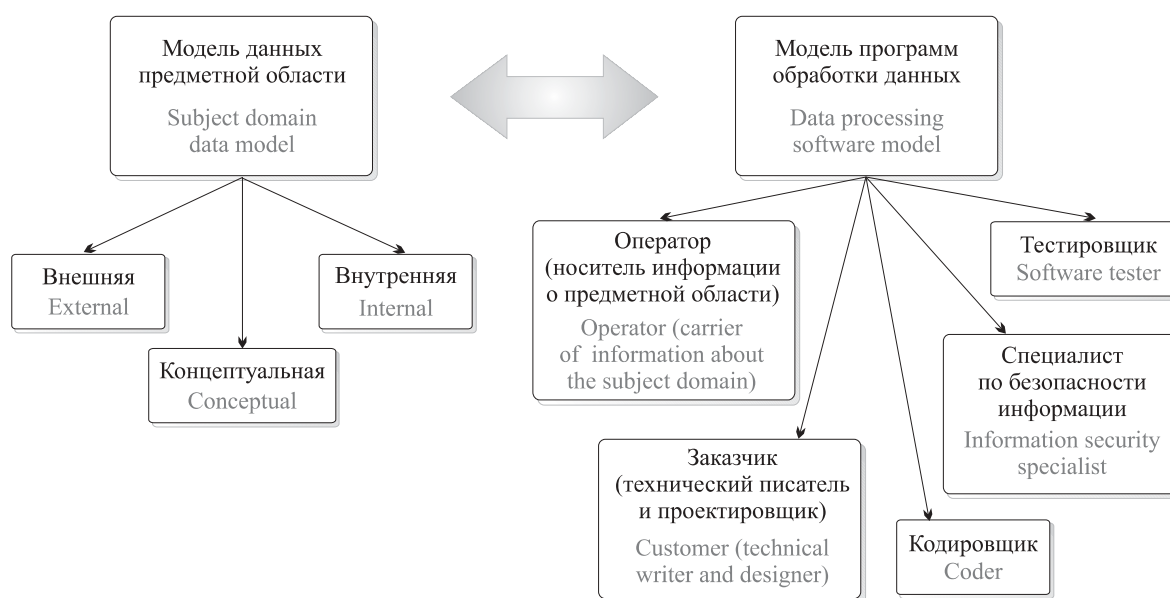


Схема отображения предметной области на единичной программной системе

Diagram of displaying the subject domain on single program system

яния человека. Разница между ними будет только в числе используемых в моделях представлений. Поэтому рассмотрим только представления и формулы в модели данных предметной области. Формулы модели программ могут быть выведены аналогичным образом.

Для модели предметной области указанные на рисунке представления являются структурированными множествами. Они содержат вложенные описания объектов предметной области на языке конкретной предметной области и определения их связей между собой и с окружающим миром. Рассмотрим выражение этого взаимодействия в формулах:

$$V_{\text{внеш}} = \{R_{\text{об}}^{\text{внеш}}, R_{\text{св}}^{\text{внеш}}\}; \quad (1)$$

$$V_{\text{внутр}} = \{R_{\text{об}}^{\text{внутр}}, R_{\text{св}}^{\text{внутр}}\}; \quad (2)$$

$$V_{\text{конц}} = \{R_{\text{об}}^{\text{конц}}, R_{\text{св}}^{\text{конц}}\}, \quad (3)$$

где $V_{\text{внеш}}, V_{\text{внутр}}, V_{\text{конц}}$ — представления, соответствующие перечисленным на рисунке типам моделей данных;

$R_{\text{об}}^{\text{внеш}}, R_{\text{об}}^{\text{внутр}}, R_{\text{об}}^{\text{конц}}$ — множество объектов в представлениях;

$R_{\text{св}}^{\text{внеш}}, R_{\text{св}}^{\text{внутр}}, R_{\text{св}}^{\text{конц}}$ — множество связей в представлениях.

В то же время каждое из множеств $R_{\text{об}}$ и $R_{\text{св}}$ ($R_{\text{об}}^{\text{внеш}}, R_{\text{об}}^{\text{внутр}}, R_{\text{об}}^{\text{конц}}$) в формулах (1)–(3) может быть представлено формулами:

$$R_{\text{об}} = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}; \quad (4)$$

$$R_{\text{св}} = \{(O_{11}, O_{12}, T_1), (O_{21}, O_{22}, T_2), \dots, (O_{n1}, O_{n2}, T_n)\}, \quad (5)$$

где $O_1, O_2, \dots, O_n, O_{i1}, O_{i2}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) — объекты $R_{\text{об}}$;

T_1, T_2, \dots, T_n — типы связей (отношения) между объектами O_{n1}, O_{n2} .

Согласно идеологии объектно-ориентированного программирования [10, 11] указанные в (4) объекты содержат множества свойств, методов и событий. Каждое из них может в свою очередь представлять собой как объект, так и дерево объектов. На базе множеств (1)–(3) необходимо определить одну или несколько функций, исследование которых даст инструмент для определения количественной оценки влияния человека на процесс синтеза СПО.

С этой целью, исходя из того что для получения законченной модели предметной области необходима суперпозиция представлений $V_{\text{внеш}}, V_{\text{внутр}}, V_{\text{конц}}$, рассмотрим последовательное отображение их друг на друга. Такой подход даст нам следующую группу формул:

$$V_{\text{конц}} = f_{\text{конц}}(V_{\text{внеш}}); \quad (6)$$

$$V_{\text{внутр}} = f_{\text{внутр}}(V_{\text{конц}}); \quad (7)$$

$$V_{\text{внутр}} = f_{\text{внутр}}(f_{\text{конц}}(V_{\text{внеш}})), \quad (8)$$

где $f_{\text{конц}}, f_{\text{внутр}}$ — функции преобразования внешней модели в концептуальную и концептуальной модели во внутреннюю.

Таким образом, суперпозиция множеств (1)–(3) с учетом приведенных выше рассуждений, описанных в (6)–(8), будет выглядеть как представление W_d (общее представление модели данных):

$$W_d = f_{\text{внутр}}(f_{\text{конц}}(V_{\text{внеш}})). \quad (9)$$

В полученной суперпозиции $V_{\text{внеш}}$ — аргумент представления W_d . В (9) получен аргумент для функции влияния W_d , с помощью которого степень влияния Z_d может быть рассчитана как

$$Z_d = f_d(W_d), \quad (10)$$

где f_d — функция, определяющая зависимость степени влияния Z_d от функции влияния W_d .

Функция-обобщение с учетом сказанного может быть определена либо как вектор перечислением следующих схем данных:

$$Z_d = \{Z_1^{\text{внеш}}, Z_2^{\text{внеш}}, \dots, Z_N^{\text{внеш}}, Z_1^{\text{конц}}, Z_2^{\text{конц}}, \dots, Z_M^{\text{конц}}, Z_1^{\text{внутр}}, Z_2^{\text{внутр}}, \dots, Z_L^{\text{внутр}}\}, \quad (11)$$

либо как матрица (см. ниже формулу (12)).

Влияние человека на синтез в ЕПС АСПВБ трех моделей данных задано в (11) вектором перечисления: внешней, концептуальной и внутренней схем данных. Так как количество компонент, реализуемых на каждом из этапов априори, различно, общая функция влияния может быть реализована с помощью суммы (свертки), определяющей полную степень влияния в (11).

При переходе от ЕПС к СПО, состоящей из k ЕПС, на основе (11) может быть получена матрица следующего вида:

$$\begin{matrix} Z_1^{(1)\text{внеш}}, \dots, Z_1^{(1)\text{конц}}, \dots, Z_1^{(1)\text{внутр}}, \dots, Z_L^{(1)\text{внутр}} \\ Z_2^{(2)\text{внеш}}, \dots, Z_1^{(2)\text{конц}}, \dots, Z_1^{(2)\text{внутр}}, \dots, Z_L^{(2)\text{внутр}} \\ \dots \\ Z_1^{(k)\text{внеш}}, \dots, Z_1^{(k)\text{конц}}, \dots, Z_1^{(k)\text{внутр}}, \dots, Z_L^{(k)\text{внутр}} \end{matrix} \quad (12)$$

Общая функция $Z_{\text{ИС}}^{(k)}$ (ИС — информационные системы) влияния человека на СПО АСПВБ (через трудозатраты на реализацию), состоящей из k ЕПС, определяется суммированием всех трудозатрат в матрице (12) сверткой данной матрицы:

$$Z_{\text{ИС}}^{(k)} = \sum_{i=1}^N Z_i^{\text{внеш}} + \sum_{i=1}^M Z_i^{\text{конц}} + \sum_{i=1}^L Z_i^{\text{внутр}}. \quad (13)$$

Снижение влияния согласно (13) может достигаться за счет сокращения количества элементов матрицы (N, M, L) или уменьшения коэффициентов трудоемкости в каждой из строк. Некоторые значения элементов матрицы (12) могут обращаться в ноль

в случае, если элемент, которому они должны соответствовать, уже разработан и может использоваться без дополнительных “усилий”.

В [12] приведены сходные математические построения. Они связаны с методами системного анализа (проектирования) [13, 14] и оценки эффективности информационных систем сети связи с радиально-кольцевой структурой, которая по сути напоминает структуру СПО АСПВБ. Тем не менее они могут быть использованы для построения обобщенного показателя эффективности влияния на СПО (с. 31 [12]) лишь частично. Это связано с тем, что сам по себе процесс синтеза СПО [15–20] существенно отличается от процесса создания системы передачи информации.

Помимо формул (12) и (13), для оценки влияния можно использовать и другие методы, например построение нагруженного графа и поиск пути в нем методами генетических алгоритмов [21–24]. В этом случае в графе необходимо будет найти оптимальный путь с помощью используемых векторов поиска (хромосом), размер которых не фиксирован.

Заключение

Таким образом, построение математической модели оценки влияния человека на устойчивость специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности [1, 2, 4, 19], основанной на отображении представлений данных, позволяет получить формулу количественной оценки функции влияния человека на СПО при его синтезе. При этом количество единичных программных систем в АСПВБ для полученных формул значения не имеет. Из них, в частности, следует, что решение вопроса о снижении влияния человека на устойчивость СПО АСПВБ лежит в плоскости увеличения количества многократно используемых элементов — базовых элементов программ для синтеза ЕПС. Снижение влияния достигается также в том случае, если такие элементы создаются отдельно от синтеза ЕПС на конкретном инструментальном средстве. Влияние человека на устойчивость в последнем случае при синтезе новых версий СПО АСПВБ для новых информационных технологий будет значительно ниже.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Топольский Н. Г.* Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. — М. : МИПБ МВД России, 1997. — 164 с.
2. *Абросимов А. А., Топольский Н. Г., Фёдоров А. В.* Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. — М. : МИПБ МВД России, 1999. — 239 с.
3. *Крючков А. В.* Обобщение опыта синтеза специального программного обеспечения на различных инструментальных средствах // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — Вып. 3(61). — С. 252–263. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-3/41-03-15.ttb.pdf> (дата обращения: 03.06.2018).
4. *Крючков А. В.* Рекомендации по применению методов синтеза специального программного обеспечения крупной автоматизированной системы управления предприятием // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — Вып. 5(63). — С. 259–264. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-5/19-05-15.ttb.pdf> (дата обращения: 03.06.2018).
5. *Крючков А. В.* Методология универсализации синтеза специального программного обеспечения крупной автоматизированной системы управления предприятием // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — Вып. 3(61). — С. 264–268. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-3/40-03-15.ttb.pdf> (дата обращения: 03.06.2018).
6. *Дейкстра Э., Болье Л., Хоор К., Дал У.-И.* Языки программирования / Под ред. Ф. Женнои; пер. с англ. — М. : Мир, 1972. — 410 с.
7. Оценка и аттестация зрелости процессов создания и сопровождения программных средств и информационных систем (ISO/IEC TR 15504—СММ) / Пер. с англ. — М. : Книга и бизнес, 2001. — 348 с.
8. *Paulk M. C., Curtis B., Chrissis M. B., Weber C. V.* Capability maturity model for software, Version 1.1. — Pittsburgh, Pennsylvania : Software Engineering Institute, 1993. 83 p. DOI: 10.21236/ada263403.
9. *O'Regan G.* Capability maturity model integration // Introduction to software process improvement. Undergraduate topics in computer science. — London : Springer, 2011. — P. 43–65. DOI: 10.1007/978-0-85729-172-1_3.
10. *Blaschek G.* Object-oriented programming. — Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 1994. — 335 p. DOI: 10.1007/978-3-642-78077-6.
11. *Sherrell L.* Object-oriented (OO) programming // Encyclopedia of sciences and religions / Runehov A. L. C., Oviedo L. (eds). — Dordrecht : Springer, 2013. — P. 1544–1548. DOI: 10.1007/978-1-4020-8265-8_200283.
12. *Умрихин Ю. Д.* Оптимизация сложных информационных систем. — М. : Минрадиопром СССР, 1983. — 125 с.
13. *Клименко И. С.* Теория систем и системный анализ. — М. : РосНОУ, 2014. — 264 с.

14. Шиханович Ю. А. Введение в современную математику. Начальные понятия. — М. : Наука, 1965. — 376 с.
15. Макконнелл С. Профессиональная разработка программного обеспечения: сокращение сроков, повышение качества продукта, больше удачных проектов, расширение возможностей успешной карьеры / Пер. с англ. — СПб. : Символ&Плюс, 2006. — 240 с.
16. Вендров А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. — М. : Финансы и статистика, 2006. — 545 с.
17. Bass L., Clements P., Kazman R. Software architecture in practice. — 3rd Edition. — Addison-Wesley Professional, 2013. — 640 p.
18. Rozanski N., Woods E. Software systems architecture: working with stakeholders using viewpoints and perspectives. — 2nd Edition. — Addison-Wesley, 2012. — 678 p.
19. Крючков А. В. Оценка трудоемкости методов универсализации синтеза специального программного обеспечения по методике оценки COCOMO // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — Вып. 4(62). — С. 282–286. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-4/43-04-15.ttb.pdf> (дата обращения: 03.06.2018).
20. Almeida J. B., Frade M. J., Pinto J. S., Melo de Sousa S. Rigorous Software Development. An introduction to program verification. — London : Springer-Verlag, 2011. — 263 p. DOI: 10.1007/978-0-85729-018-2.
21. Crookshanks E. Practical software development techniques. — Berkeley : Apress, 2014. — 189 p. DOI: 10.1007/978-1-4842-0728-4.
22. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования, сер. Адаптивные и интеллектуальные системы / Пер. с англ. — М. : Бином, 2005. — 416 с.
23. Gudin S., Khabibulin R., Shikhalev D. Searching the optimal combination of fire risks reducing measures at oil and gas processing facilities with the use of genetic algorithm // Proceedings of the 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (Porto, Portugal, February 24–26, 2017). — 2017. — Vol. 2. — P. 489–496. DOI: 10.5220/0006188904890496.
24. Kramer O. Genetic algorithms // Genetic Algorithm Essentials. Studies in Computational Intelligence. — Cham : Springer, 2017. — Vol. 679. — P. 11–19. DOI: 10.1007/978-3-319-52156-5_2.

Материал поступил в редакцию 10 июня 2018 г.

Для цитирования: Топольский Н. Г., Крючков А. В., Михайлов К. А., Нгуен Туан Ань. Модель оценки влияния человека на устойчивость специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 7–8. — С. 53–59. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.07-08.53-59.

English

MODEL FOR ASSESSING THE HUMAN INFLUENCE ON THE SUSTAINABILITY OF THE SPECIAL SOFTWARE OF THE COMPUTER-AIDED FIRE-EXPLOSION SAFETY SYSTEMS

TOPOLSKIY N. G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Science Worker of Russian Federation, Professor of Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: ntopolskii@mail.ru)

KRYUCHKOV A. V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of Department of Complex Security of Critical Objects, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Leninskiy Avenue, 65, Bldg. 1, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: kruchkov.a@gubkin.ru)

MIKHAYLOV K. A., Postgraduate Student of Faculty of Scientific and Pedagogical Staff, Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: mihkir.94@mail.ru)

NGUYEN TUAN ANH, Candidate of Technical Sciences, Head of Faculty, Institute of Fire Safety, Ministry of Public Security (Huat Zui Tiena St., 243, Hanoi, 100000, Vietnam; e-mail: tuan_moskva@mail.ru)

ABSTRACT

Introduction. The oil and gas industry plays a key role in the Russian economy. In this regard, it is necessary to ensure the safety of facilities in this industry, in particular the fire safety of oil refineries. Computer-aided fire-explosion safety systems play an important role in protecting objects and detecting fires on them. At the same time, a key element in these systems is special software and the success of the computer-aided fire-explosion safety system depends on it. Since the software is developed and operated by a person, there is a scientific and technical problem, which is expressed in determining the function of human influence on the special software of computer-aided fire-explosion safety systems.

The work purpose is to assess the impact of human (programmer) on the stability of special software for computer-aided fire-explosion safety systems of oil refineries.

Methods. The article presents a model of human impact assessment on the stability of special software for computer-aided fire-explosion safety systems. The model is based on the methods of system analysis and object-oriented programming.

Results. A mathematical model of human impact assessment on the stability of special software for computer-aided fire-explosion safety systems is developed. This model allows us to obtain a formula for quantitative evaluation of the function of human influence on special software in its synthesis.

Discussion. The article shows that the reduction of human (programmer) influence on the stability of special software of computer-aided fire and explosion safety systems lies in the plane of increasing the number of reusable elements — the basic elements of programs for the synthesis of single software systems. The reduction of influence is also achieved if such elements are created separately from the synthesis of single software systems on a particular tool.

Conclusions. The results obtained by the authors can be used to assess the impact of human (programmer) on the stability of special software for computer-aided fire-explosion safety systems of oil refineries. In the synthesis of single software systems it is necessary to repeatedly use the basic elements of the programs. At the same time, the human impact on the stability in the synthesis of new versions of special software for computer-aided fire-explosion safety systems will be significantly lower.

Keywords: special software, computer-aided fire-explosion safety systems, single software system, oil refineries, object oriented programming.

REFERENCES

1. Topolskiy N. G. *Osnovy avtomatizirovannykh sistem pozharovzryvobezопасности obyektov* [Basics of computer-aided fire and explosion safety systems]. Moscow, Fire Safety Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia Publ., 1997. 164 p. (in Russian).
2. Abrosimov A. A., Topolskiy N. G., Fedorov A. V. *Avtomatizirovannyye sistemy pozharovzryvobezопасности neftepererabatyvayushchikh proizvodstv* [Computer-aided fire and explosion safety systems of petroleum refineries]. Moscow, State Fire Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia Publ., 1999. 239 p. (in Russian).
3. Kruchkov A. V. Summarizing the experience of synthesis special software for different programming languages. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezопасности / Technology of Technosphere Safety*, 2015, issue 3(61), pp. 252–263 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-3/41-03-15.ttb.pdf> (Accessed 3 June 2018).
4. Kruchkov A. V. Recommendations for use of synthesis methods of special software of large automated control systems of enterprise. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezопасности / Technology of Technosphere Safety*, 2015, issue 5(63), pp. 259–264 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-5/19-05-15.ttb.pdf> (Accessed 3 June 2018).
5. Kruchkov A. V. Universal application synthesis methodology of special software for large automated enterprise control system. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezопасности / Technology of Technosphere Safety*, 2015, issue 3(61), pp. 264–268 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-3/40-03-15.ttb.pdf> (Accessed 3 June 2018).
6. Dijkstra E. W., Beaulieu L., Hoare C. A. R., Dahl O.-J. *Programming languages*. London, 1968 (Russ. ed.: Dijkstra E. W., Beaulieu L., Hoare C. A. R., Dahl O.-J. *Yazyki programmirovaniya*. Moscow, Mir Publ., 1972. 410 p.).

7. ISO/IEC TR 15504:1998. *Information Technology— Software Process Assessments. Parts 1–9*. Geneva, International Organization for Standardization, 1998 (Russ. ed. ISO/IEC TR 15504–CMM. Otsenka i attestatsiya zrelosti protsessov sozdaniya i soprovozhdeniya programmnykh sredstv i informatsionnykh system. Moscow, Kniga i biznes Publ., 2001. 348 p.).
8. Paulk M. C., Curtis B., Chrissis M. B., Weber C. V. *Capability maturity model for software, Version 1.1*. Pittsburgh, Pennsylvania, Software Engineering Institute, 1993. 83 p. DOI: 10.21236/ada263403.
9. O'Regan G. Capability maturity model integration. In: *Introduction to Software Process Improvement. Undergraduate Topics in Computer Science*. London, Springer, 2011, pp. 43–65. DOI: 10.1007/978-0-85729-172-1_3.
10. Blaschek G. *Object-oriented programming*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 1994. 335 p. DOI: 10.1007/978-3-642-78077-6.
11. Sherrell L. Object-oriented (OO) programming. In: Runehov A. L. C., Oviedo L. (eds). *Encyclopedia of Sciences and Religions*. Dordrecht, Springer, 2013, pp. 1544–1548. DOI: 10.1007/978-1-4020-8265-8_200283.
12. Umrikhin Yu. D. *Optimizatsiya slozhnykh informatsionnykh system* [Optimization of complex information systems]. Moscow, Minradioprom SSSR Publ., 1983. 125 p. (in Russian).
13. Klimenko I. S. *Teoriya sistem i sistemnyy analiz* [Systems theory and system analysis]. Moscow, Russian New University Publ., 2014. 264 p. (in Russian).
14. Shikhanovich Yu. A. *Vvedeniye v sovremennuyu matematiku. Nachalnyye ponyatiya* [Introduction to modern mathematics. Initial concepts]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 376 p. (in Russian).
15. McConnell S. *Professional software development: shorter schedules, higher quality products, more successful projects, enhanced careers*. Addison-Wesley, 2004. 243 p. (Russ. ed.: McConnell S. *Professionalnaya razrabotka programmnoy obespecheniya: sokrashcheniye srokov, povysheniye kachestva produkta, bolshe udachnykh proyektov, rasshireniye vozmozhnostey uspezhnoy karyery*. Saint Petersburg, Simvol&Plyus Publ., 2006. 240 p.).
16. Vendrov A. M. *Proyektirovaniye programmnoy obespecheniya ekonomicheskikh informatsionnykh sistem* [The software design of economic information systems]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2006. 545 p. (in Russian).
17. Bass L., Clements P., Kazman R. *Software architecture in practice*. 3rd Edition. Addison-Wesley Professional, 2013. 640 p.
18. Rozanski N., Woods E. *Software systems architecture: working with stakeholders using viewpoints and perspectives*. 2nd Edition. Addison-Wesley, 2012. 678 p.
19. Kruchkov A. V. Assessment of laboriousness universalization methods of synthesis of the special software by COMOCOMO estimation methods. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2015, issue 4(62), pp. 282–286 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-4/43-04-15.ttb.pdf> (Accessed 3 June 2018).
20. Almeida J. B., Frade M. J., Pinto J. S., Melo de Sousa S. *Rigorous Software Development. An introduction to program verification*. London, Springer-Verlag, 2011. 263 p. DOI: 10.1007/978-0-85729-018-2.
21. Crookshanks E. *Practical software development techniques*. Berkeley, Apress, 2014. 189 p. DOI: 10.1007/978-1-4842-0728-4.
22. Liu B. *Theory and practice of uncertain programming*. Heidelberg, Physica-Verlag, 2002. 388 p. DOI: 10.1007/978-3-7908-1781-2 (Russ. ed.: Liu B. *Teoriya i praktika neopredelennogo programmirovaniya*. Moscow, Binom Publ., 2005. 416 p.).
23. Gudín S., Khabibulin R., Shikhalev D. Searching the optimal combination of fire risks reducing measures at oil and gas processing facilities with the use of genetic algorithm. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence* (Porto, Portugal, February 24–26, 2017), 2017, vol. 2, pp. 489–496. DOI: 10.5220/0006188904890496.
24. Kramer O. Genetic algorithms. In: *Genetic Algorithm Essentials. Studies in Computational Intelligence*. Cham, Springer, 2017, vol 679, pp. 11–19. DOI: 10.1007/978-3-319-52156-5_2.

For citation: Topolskiy N. G., Kryuchkov A. V., Mikhaylov K. A., Nguyen Tuan Anh. Model for assessing the human influence on the sustainability of the special software of the computer-aided fire-explosion safety systems. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 7–8, pp. 53–59 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.07-08.53-59.