ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРИ НАПИСАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО В НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ**ASSESSMENT OF RELIABILITY WHEN RECORDING THE SOFTWARE APPLIED IN THE OIL INDUSTRY****Т.М. Левина**
Tatyana M. LevinaУфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская ФедерацияUfa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation**В.В. Фомина**
Vera V. FominaУфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская ФедерацияUfa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation**А.И. Переверзева**
Alena I. PereverzevaУфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская ФедерацияUfa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation**В.И. Полянская**
Viktoriya I. PolianskaiaУфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская ФедерацияUfa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation

Существующие в настоящее время корпоративные информационные системы имеют большой объем программного обеспечения (ПО), который растет большими темпами. Основными потребителями информационных систем являются объекты нефтяной отрасли, играющей особую роль в экономике России.

Мировой рынок ПО для нефтепереработки за 2017 г. оценивался в 3,1 млрд долл. Прогнозируется, что в ближайшие годы рынок будет расти существенно быстрее, чем в период 2009-2017 гг., — почти на 20 % в год, и к 2024 г. достигнет объема в 14,7 млрд долл.

Объекты нефтяной отрасли являются сложными с точки зрения автоматизации, поскольку инцидент или авария могут принести не только многомиллионные убытки, но и вызвать локальные экологические катастрофы, а также привести к многочисленным жертвам среди мирного населения. Загрязнение окружающей среды происходит при авариях на нефтепроводе, в трубопроводах и при эксплуатации оборудования сверх нормативного срока.

В статье представлена оценка жизненного цикла разработанных авторами ПО для нефтяной отрасли по соответствующим стандартам групп: IEEE, ISO, EIA и IEC.

Рассмотрены основные ошибки в разработанных авторами ПО, применяемых в нефтяной отрасли. В первом и втором ПО выявлена несущественная ошибка, которая отражается в заметном снижении эффективности функционирования ПО, но не приводит к возникновению отказа в нем. В третьем ПО выявлена существенная ошибка, которая снижает эффективность его работы, либо прекращает функционирование ПО без заметного повреждения системы.

Ключевые слованефтяная отрасль,
международные стандарты,
программное обеспечение,
жизненный цикл,
оценка надежности,
качество

Currently existing corporate information systems have a large amount of software, which is growing at a fast pace. The main consumers of information systems are objects of the oil industry, which plays a special role in economy of Russia.

The global market of oil refining software for 2017 was estimated at \$ 3.1 billion. It is predicted that in the coming years the market will grow much faster than in the period 2009–2017, by almost 20 % per year, and by 2024 will reach a volume of 14.7 billion dollars.

The objects of the oil industry are complex from the point of view of automation, since an incident or accident can cause not only multimillion damages, but also cause local environmental disasters, as well as lead to numerous civilian casualties. Environmental pollution occurs during accidents on the oil pipeline, in pipelines and during operation of the equipment in excess of the standard period.

The article presents an assessment of the life cycle of the software developed by the authors for the oil industry in accordance with the relevant standards of the groups: IEEE, ISO, EIA and IEC.

The main errors in the software developed by the authors used in the oil industry are considered. In the first and second software revealed a minor error, which is reflected in a marked decrease in the efficiency of the software, but does not lead to a failure in it. The third software revealed a significant error, which reduces the effectiveness of its work, or stops the functioning of the software without noticeable damage to the system.

Key words

oil industry,
international standards, software,
life cycle, reliability assessment,
quality

Существующие в настоящее время корпоративные информационные системы имеют большой объем программного обеспечения (ПО), который растет взрывными темпами. Быстрый рост сфер использования информационных систем резко повысил в последнее время требования к качеству и надежности разработки ПО. Основными потребителями информационных систем являются объекты нефтяной отрасли, играющей особую роль в экономике России.

Мировой рынок ПО для нефтепереработки за 2017 г. оценивался в 3,1 млрд долл. Прогнозируется, что в ближайшие годы рынок будет расти существенно быстрее, чем в период 2009-2017 гг., — почти на 20 % в год, и

к 2024 г. достигнет объема в 14,7 млрд долл. (рисунок 1).

Объекты нефтяной отрасли представляют собой одни из самых сложных объектов автоматизации управления, поскольку инцидент или авария могут принести не только многомиллионные убытки, но и вызвать локальные экологические катастрофы, а также привести к многочисленным жертвам среди мирного населения. Например, в период с 2006 по 2010 годы среднее число аварий, произошедших по Нижневартовскому району, составило 1473. Замена изношенного оборудования и трубопроводной арматуры в последние 10 лет ведется низкими темпами. Именно поэтому наблюдается устойчивая тенденция увеличе-

млрд долл.

Рисунок 1. Динамика мирового рынка программного обеспечения для предприятий нефтепереработки

ния аварийности на трубопроводах на 7-9 % в год [1].

Можно сделать вывод, что качество программного обеспечения и наличие ошибок в нем влияют на все показатели качества и надежности работы химико-технологических систем. Необходимо должным образом соблюдать все этапы разработки ПО, чтобы ошибок в ПО, приводящих к инцидентам, не возникало или становилось меньше.

С целью получения подробного представления о возможной структуре жизненного цикла ПО использованы соответствующие группы международных стандартов, описывающих технологические процессы:

— ISO (International Standards Organization) — Международная организация по стандартизации [2, 3];

— IEEE (читается «ай-трипл-и», Institute of Electrical and Electronic Engineers) — Институт инженеров электротехники и электроники [4, 5];

— EIA (Electronic Industry Association) — Ассоциация электронной промышленности;

— IEC (International Electrotechnical Commission) — Международная комиссия по электротехнике.

Стандарты группы ISO:

— определяют структуру разработки ПО, которая представляет собой трехступенчатую модель, включающую в свой состав задачи, виды деятельности и процессы. Стандартом описываются термины элементов, их цели и результаты. Таким образом, стандарт задает возможные взаимосвязи между элементами без определения четкой структуры между связями, организацию элементов, которые позволяют отследить этапы работ и полученные результаты;

— рассматривают программно-аппаратные системы в целом. Стандарт рассматривает этапы существования системы в виде совокупности процессов, каждый из которых описывается множеством его результатов, достигнутых в процессе различных видов деятельности.

Этапы построения и развития программного обеспечения по стандартам ISO представлены в таблице 1.

Таблица 1. Этапы жизненного цикла программного обеспечения по стандартам ISO

Стандарты	Этапы жизненного цикла ПО
ISO 12207	— замысел;
	— разработка;
	— производство;
	— применение;
	— поддержка применения;
	— перевод в категорию, непригодную для применения.
ISO 15288	— замысел;
	— разработка;
	— создание и производство;
	— распространение;
	— применение;
	— сопровождение и поддержка применения;
	— снятие с эксплуатации (утилизация).

Стандарты группы IEEE:

— нацелены на описание того, как создать специализированный процесс разработки в рамках конкретного проекта. Стандартом описываются ограничения для любого такого процесса, а также общая структура процесса разработки. Структура определяет основные виды деятельности, которые выполняются в данных процессах, а также документы, необходимые на входе и создающиеся на выходе этих видов деятельности;

— определяет комплекс процессов, которыми охватываются все этапы построения и развития программной системы с момента принятия решения о внедрении программного обеспечения. Определены три категории процессов: процессы первичного этапа, поддержка процессов и процессы всех этапов развития организации.

Этапы построения и развития программного обеспечения по стандартам IEEE представлены в таблице 2.

Таблица 2. Этапы жизненного цикла программного обеспечения по стандартам IEEE

Стандарты	Этапы жизненного цикла ПО
IEEE 1074-1997	— моделирование жизненного цикла разработки ПО;
	— начало выполнения проекта;
	— наблюдение за выполнением проекта;
	— управление качеством программного обеспечения;
	— распределение системы;
	— определение требований;
	— разработка ПО;
	— внедрение ПО;
	— установка ПО;
	— эксплуатация и поддержка ПО;
	— сопровождение;
	— вывод с эксплуатации;
IEEE/EIA 12207-1997	— интеграция ПО.
	— анализ системных требований;
	— проектирование архитектуры системы;
	— анализ программных требований;
	— разработка проекта программной архитектуры;
	— рабочий план разработки ПО;
	— кодирование ПО;
	— интеграция ПО;
	— тестирование ПО;
	— интеграция системы;
	— тестирование системы;
	— установка ПО;
	— тестирование и приемка ПО.

Крупные нефтегазовые компании (Shell, ExxonMobil, Statoil и др.) ведут интенсивные исследования по формированию единого информационного пространства и интегрированной модели данных, широко используя при этом международные информационные стандарты. Стандарты, которыми руководствуются крупные нефтегазовые компании, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Стандарты, используемые зарубежными компаниями

Зарубежные компании	Стандарты
Shell	ISO 12207
ExxonMobil	
Statoil	ISO 15926 — интеграция данных жизненного цикла установок непрерывного производства

Также существуют и российские стандарты — аналоги международных стандартов, которые приведены в таблице 4.

Российский нефтегазовый комплекс опирается на знания и опыт, заложенные в стандартах. При разработке модели жизненного цикла ПО ведущие Российские компании в нефтя-

ной отрасли руководствуются положениями этих стандартов (таблицы 1-4).

Таблица 4. Российские стандарты, аналогичные международным

ГОСТ	ISO
ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010	ISO/IEC 12207-2008
ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 15271-2002	

Ведущие нефтегазовые предприятия переходят на систему управления активами по жизненному циклу, внедряются новые информационные технологии в добыче и переработке нефти и газа. Поэтому остро встала необходимость формирования единого информационного пространства.

Чтобы решить данную проблему, необходимо проверить работу программного обеспечения на соответствие требованиям стандартов, приведенных в таблице 4.

Типовая модель жизненного цикла ПО состоит из ряда работ. Данная модель начинается с формулировки замысла (идеи) или концепции программного продукта или услуги; продолжается работами по применению методов системной и программной инженерии, работами по эксплуатации, сопровождению и

поддержке; заканчивается снятием с эксплуатации (утилизацией). Эти и другие, связанные с ними, работы: основные, вспомогательные и организационные процессы, из которых формируют модель жизненного цикла ПО, представлены в ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207.

В стандарте используется общая модель жизненного цикла предполагаемой системы, начиная от определения потребностей, заканчивая снятием с эксплуатации (рисунок 2). Рисунок дает краткое представление метода применения стандарта.

Рисунок 2. Использование ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207 для обеспечения модели жизненного цикла системы

Организация может самостоятельно использовать стандарт в любой работе или в общей модели жизненного цикла, а также может привлекать для этого (частично или полностью) разработчика соответствующих продуктов или услуг. Благодаря соответствию требованиям стандарта программное обеспечение, используемое крупными компаниями, будет обладать всеми критериями качества и надежности.

Надежность является свойством объекта выполнять определенные функции так, чтобы значения эксплуатационных показателей сохранялись длительное время в заданных пределах, которые соответствуют оптимальным условиям и режимам на всех этапах: технического обслуживания, использования, хранения, транспортирования и ремонта.

Характеристики, с помощью которых можно охарактеризовать надежность ПО: стабильность, устойчивость и восстанавливаемость.

Стабильность — совокупность свойств программного обеспечения, характеризующая частоту отказов, обусловленных ошибками в ПО.

Устойчивость — совокупность свойств программного обеспечения, характеризующая его способность поддерживать необходимый уровень пригодности при проявлении программных ошибок или нарушении определенного интерфейса.

Восстанавливаемость — совокупность свойств программного обеспечения, характеризующая его возможность восстанавливать уровень качества функционирования ПО и восстанавливать данные, которые были повреждены в случае отказа, а также время и усилия, необходимые для этого.

Важным этапом в ходе разработки и эксплуатации ПО, определяющим качество и надежность, является тестирование, которое проводится для выявления различного рода ошибок.

Рассмотрим основные ошибки в разработанных авторами ПО для нефтяной отрасли при загрузке трех ПО на 15 компьютерах.

В первом ПО на 14 из 15 компьютеров не смогли загрузить программное обеспечение. Ошибка была связана с противоречиями версий Microsoft Visual Studio (рисунок 3).

Рисунок 3. Ошибка в несоответствии версий Microsoft Visual Studio, установленных на компьютерах

Во втором ПО произошел сбой, в результате чего было выявлено, что в коде программы была пропущена точка с запятой, не-

Рисунок 4. Сообщение об ошибке, связанной с недостающим элементом

Рисунок 5. Выявленная ошибка из-за неуказанной ссылки на объект

обходимая для выполнения процесса. В случае проявления данной ошибки может возникнуть снижение эффективности функционирования ПО, при этом возникновение отказа ПО практически не происходит (рисунок 4).

Еще одна ошибка во втором ПО связана с неинициализированной переменной (рисунок 5). Возможно, сбой произошел из-за того, что была указана ссылка на null при обращении к свойствам по цепочке. Этот сбой может повлечь за собой прекращение работы ПО, при этом заметное повреждение системы не произойдет.

При запуске третьего ПО в некоторых установках SQL Server соединение с компонентом Database Engine с другого компьютера не произошло. Администратор может разрешить соединение с помощью диспетчера конфигурации. В данном ПО не было разрешено соединение с другими компьютерами, в результате чего возник ряд ошибок (рисунок 6).

Сведенные результаты ошибок при тестировании ПО приведены в таблице 5.

Рисунок 6. Выявленная ошибка из-за неполадок при соединении с компонентом SQL Server Database Engine

Таблица 5. Выявление категории тяжести ошибок в тестируемых проектах

Название проекта	Количество компьютеров, на которых было проведено тестирование	Количество компьютеров, на которые смогли загрузить ПО	Наименование категории тяжести ошибки	Описание последствий проявления ошибки
Первый случай	15	1	Несущественная	В случае проявления данной ошибки может возникнуть снижение эффективности функционирования ПО, при этом возникновение отказа ПО практически не происходит (очень низкая вероятность возникновения отказа)
Второй случай	15	15		
Третий случай	15	0	Существенная	В случае проявления данной ошибки возникает снижение эффективности функционирования ПО и возможно прекращение функционирования ПО (его отказ), при этом заметное повреждение системы не произойдет, а также не возникнет угроза жизни и здоровью людей

Выводы

Проведено тестирование ПО, разработанных авторами. В результате тестирования был обнаружен ряд ошибок. Надежность ПО в большей степени зависит от выявленных ошибок согласно классификации, приведенной в

исследовании по надежности ПО, описывающем виды и критичность ошибок [6, 7]. Таким образом, выявленные две первые ошибки являются несущественные, а третья ошибка — критическая.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фомина В.В., Жаринов Ю.А., Абызгильдин А.Ю. Построение гибридного графа нефтехимического производства на основе графической модели процесса // Нефтегазовое дело. 2016. Т. 14. № 1. С. 157–164.

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. М.: Стандартинформ, 2011. 100 с.

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 15271-2002. Информационная технология. Руководство по применению ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207 (процессы жизненного цикла программных средств). М.: Издательство стандартов, 2002. 40 с.

4. IEEE 1074-1997. IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes (стандарт на создание процессов жизненного цикла ПО). The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1997.

5. IEEE/EIA 12207-1997. IEEE/EIA Industry Implementation of International Standard ISO/IEC 12207:1995. Software Life Cycle Processes (промышленное использование стандарта ISO/IEC 12207 на процессы жизненного цикла ПО). The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998.

6. Фомина В.В., Левина Т.М., Исламгулов Р.Р., Черникова В.О. Анализ качества разработанных программных средств, используемых в нефтеперерабатывающем и нефтехимическом производстве. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2017. № 4. С. 194–214. URL: http://ogbus.ru/issues/4_2017/ogbus_4_2017_p194-214_FominaVV_ru.pdf.

7. Хисматуллин А.С., Гареев И.М. Расчет трехмерного температурного поля в силовых масляных трансформаторах с элегазовым охлаждением // Фундаментальные исследования. 2015. № 10–3. С. 534–537.

REFERENCES

1. Fomina V.V., Zharinov Yu.A., Abyzgil'din A.Yu. Postroenie gibridnogo grafa neftekhimicheskogo proizvodstva na osnove graficheskoi modeli protsesssa [Building up the Hybrid Graph of the Oil Chemical Production on the Basis of the Graphical Model of the Process]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2016, Vol. 14, No. 1, pp. 157-164. [in Russian].

2. GOST R ISO/MEK 12207-2010. Informatsionnaya tekhnologiya. Sistemnaya i programmaya inzheneriya.

Protsessy zhiznennogo tsikla programmnykh sredstv [State Standard R ISO/MEK 12207-2010. Information Technology. System and Software Engineering. The Life Cycle Processes of software]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 100 p. [in Russian].

3. GOST R ISO/MEK TO 15271-2002. Informatsionnaya tekhnologiya. Rukovodstvo po primeneniyu GOST R ISO/MEK 12207 (protssy zhiznennogo tsikla programmnykh sredstv) [State Standart R ISO/MEK TO 15271-2002. Information Technology. Guidelines for the Use of GOST R ISO / IEC 12207 (Software Life Cycle Processes)]. Moscow, Standards Publ., 2002. 40 p. [in Russian].

4. IEEE 1074-1997. *Standard for Developing Software Life Cycle Processes*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1997.

5. IEEE/EIA 12207-1997. *Industry Implementation of International Standard ISO/IEC 12207:1995 Software Life Cycle Processes*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998.

6. Fomina V.V., Levina T.M., Islamgulov R.R., Chernikova V.O. Analiz kachestva razrabotannykh programmnykh sredstv, ispol'zuemykh v neftepererabatyvayushchem i neftekhimicheskom proizvodstve [Analysis of Quality of Developed Software Used in Oil Processing And Petrochemical Industry]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» — Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2017, No. 4, pp. 194–214. URL: http://ogbus.ru/issues/4_2017/ogbus_4_2017_p194-214_FominaVV_ru.pdf. [in Russian].

7. Khismatullin A.S., Gareev I.M. Raschet trekhmernogo temperaturnogo polya v silovykh maslyanykh transformatorakh s elegazovym okhlazhdeniem [Calculation of Three-Dimensional Temperature Fields in Oil Transformers With Gas-Cooled]. *Fundamental'nye issledovaniya — Fundamental Research*, 2015, No. 10–3, pp. 534–537. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Левина Татьяна Михайловна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Общенаучные дисциплины», УГНТУ, филиал, г. Салават, Российская Федерация

Tat'yana M. Levina, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of General Scientific Disciplines Department, USPTU, Branch, Salavat, Russian Federation

e-mail: tattin76@mail.ru

Фомина Вера Васильевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Химико-технологические процессы», УГНТУ, филиал, г. Салават, Российская Федерация

Vera V. Fomina, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Chemical and Technological Processes Department, USPTU, Branch, Salavat, Russian Federation

e-mail: asterhpt@mail.ru

Переверзева Алена Игоревна, студент, кафедра «Общенаучные дисциплины», УГНТУ, филиал, г. Салават, Российская Федерация

Alena I. Pereverzeva, Student of General Scientific Disciplines Department, USPTU, Branch, Salavat, Russian Federation

Полянская Виктория Игоревна, студент, кафедра «Общенаучные дисциплины», УГНТУ, филиал, г. Салават, Российская Федерация

Viktoriya I. Polyanskaya, Student of General Scientific Disciplines Department, USPTU, Branch, Salavat, Russian Federation