

УДК 004.519.217

Д.А. Маевский

Одесский национальный политехнический университет, Одесса

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИНАМИЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены проблемы и противоречия, снижающие надежность динамических информационных систем. Динамическими названы системы, предметная область которых претерпевает изменения на этапе эксплуатации. Выявлены особенности динамических информационных систем, отличающие их от других видов систем и связанные с ними противоречия. Показано, что необходимость внесения изменений на этапе эксплуатации приводит к снижению надежности.

Ключевые слова: динамические информационные системы, надежность, предметная область, структурный синтез, изменения предметной области.

Введение

Количество разнообразных информационных систем (ИС), используемых в повседневной деятельности человека, постоянно возрастает. Этому возрастанию сопутствует расширение функциональности ИС, что свидетельствует об увеличении охвата ими соответствующей предметной области (ПрО). Возрастающая функциональность ИС и возрастающая зависимость человека от их безошибочной работы приводит к необходимости контроля и повышения надежности. Отказы или неверная работа ИС могут привести к тяжелым последствиям – техногенным авариям, катастрофам и гибели людей.

Ситуация усугубляется тем, что ПрО большинства ИС не остаются неизменными на этапе эксплуатации, а динамично меняются. Изменения ПрО приводят к необходимости соответствующих изменений ИС, что негативно сказывается на надежности системы из-за повышенного риска внесения в систему новых дефектов. Кроме того, снижение надежности обусловлено необходимостью прерывания работы ИС для ее обновления и отладки.

Целью статьи является выполнение исследований особенностей динамических информационных систем с переменной ПрО, отличающих их от других ИС.

1. Понятие о динамических информационных системах

Изменения ПрО неизбежно приводят к необходимости соответствующих изменений самих ИС. Такие ИС с переменной ПрО целесообразно выделить в отдельный класс динамических информационных систем. Введем следующее определение:

Определение. Динамическими информационными системами (ДИС) будем называть такие ИС, ПрО которых испытывает изменения на этапе эксплуатации.

Как следует из этого определения, основным

понятием, связанным с функционированием ДИС, является понятие их ПрО. Каждая из ДИС имеет присущую только ей предметную область, то есть каждая ДИС функционирует только в связи с определенной ПрО и создается только для решения некоторого множества задач, поставленных этой ПрО. Поэтому построение любой ДИС должно начинаться с анализа той ПрО, на которую ориентирована соответствующая ДИС.

В настоящее время алгоритмические подходы к такому анализу бурно развиваются [1, 2, 3], но несмотря на это, выбор объектов ПрО, подлежащих отражению в ДИС, выполняется разработчиком чисто интуитивно [4]. Неполнота и ошибки на начальном этапе анализа ПрО обуславливают ситуацию, когда на завершающих этапах разработки в ИС необходимо вносить изменения в связи с уточнением или расширением наших представлений о ПрО. Такая ситуация является очень нежелательной, так как эти изменения могут коснуться структуры самой ДИС, ее информационной базы, что, в свою очередь, неизбежно требует изменений в программном коде. Чем ближе к концу разработки, тем больше времени, материальных и интеллектуальных ресурсов будут требовать такие изменения. Кроме того, внесение изменений всегда сопряжено с риском внесения в программное обеспечение (ПО) ДИС дефектов, что негативно сказывается на надежности. В связи с этим целесообразно провести анализ и выявить особенности ДИС, которые отличают их от информационных систем с неизменной ПрО.

2. Особенности динамических информационных систем

Динамические информационные системы являются подмножеством ИС и потому наследуют все их свойства. Но систематическое внесение изменений вызывает особенности, присущие именно ДИС. Перечислим эти особенности.

Первой особенностью ДИС является динамичность изменений их ПрО. Собственно, именно эта особенность и позволила выделить ДИС как отдельный класс информационных систем. Для того чтобы осознать, насколько часто может изменяться ПрО ДИС, приведем числовые данные на примере учетных ДИС экономического направления (УИС). Их функционирование регламентируется законодательными актами, указами Президента, постановлениями кабинета министров и инструкциями уполномоченных государственных органов. Общее количество нормативных документов, вместе с распоряжениями и инструкциями государственных органов, составляет около пятисот [5]. Наибольшее влияние на ПрО УИС оказывает налоговое законодательство. На настоящее время в Украине насчитывается 17 разных видов налогов, не учитывая многочисленные сборы и обязательные платежи. Анализ изменений ПрО УИС [5] показывает, что их частота составляла в среднем 2,5 изменения в месяц, то есть **один раз в двенадцать дней!** Это дает основание утверждать, что ДИС устаревают быстрее, чем создаются.

С принятием нового Налогового кодекса ситуация с изменениями ПрО практически не изменилась. Так, согласно официальному тексту кодекса [6], за два с половиной года его действия (с 01.01.2011 по 01.07.2012) в него внесено 51 изменение, то есть изменения происходили в среднем один раз в восемнадцать дней. То есть изменение налоговой политики государства почти никак не повлияло на частоту изменений соответствующей ПрО.

Все другие особенности ДИС являются следствием динамичных изменений их ПрО. Перейдем к анализу этих особенностей.

Второй особенностью ДИС является их широкая распространенность. Особенно это видно на примере упомянутых систем экономического направления – УИС. По данным Государственной службы статистики [7], на сегодня в Украине насчитывается более миллиона предприятий, из них используют УИС более чем 975 тысяч. С учетом того, что приостановка функционирования таких УИС с целью внесения изменений может вызвать приостановку производственных процессов на большом количестве предприятий, можно сделать вывод о том, что обеспечение надежности ДИС является актуальной и важной проблемой.

Третья особенность определяется последовательностью этапов жизненного цикла ДИС. Жизненный цикл (ЖЦ) обычной ИС традиционно определяется как период времени, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания информационной системы и заканчивается в момент ее полного вывода из эксплуатации [8]. ЖЦ любой ИС состоит из таких этапов [9]: формирова-

ние требований, проектирования, реализация, тестирование, внедрение, эксплуатация и сопровождение. Известный специалист в области управления проектами, Рассел Д. Арчибалд [10] говорит: «Жизненный цикл проекта имеет определенные начальную и конечную точки, привязанные к временной шкале. Проект в своем естественном развитии проходит *ряд отдельных фаз*. Жизненный цикл проекта включает все фазы от момента инициации до момента завершения. *Переходы от одного этапа к другому редко четко определены*» (курсив наш, Д.М.). Таким образом, традиционно считается, что этапы ЖЦ ИС отделены друг от друга. Однако, в случае ДИС, необходимость внесения изменений в ДИС на последнем этапе ЖЦ – этапе эксплуатации каждый раз вызывает необходимость повторения этапов проектирования, реализации и тестирования. Но приостановка работы ДИС для повторного прохождения этих этапов ЖЦ, как мы видели, является недопустимой, то есть эти этапы совпадают с этапом эксплуатации.

Таким образом, третьей особенностью ДИС является то, что для нее этапы проектирования, реализации и тестирования совпадают во времени с этапом эксплуатации и сопровождения.

Эта особенность является очень важной. Ведь традиционные подходы к созданию обычных ИС – методы программной инженерии построены на том, что эти этапы разделены и следуют во времени именно в указанной последовательности. Нарушение этой последовательности – третья особенность ДИС – приводит к тому, что традиционные методы программной инженерии становятся непригодными для их проектирования.

Четвертая особенность связана с влиянием изменений ПрО на структурные компоненты ДИС. Традиционно, информационная система определяется как взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, использующихся при хранении, обработке и выдаче информации для достижения поставленной цели [11]. В структуре каждой компьютерной ИС всегда можно выделить такие составляющие, как программное обеспечение (ПО), базу данных (БД) и аппаратное обеспечение (АО). ПО реализует все основные алгоритмы, обеспечивающие обработку информации и взаимодействие ДИС с пользователем. При изменениях ПрО изменяются и соответствующие алгоритмы обработки информации. Поэтому можно сделать вывод о том, что любые изменения ДИС вызывают, прежде всего, изменения ее ПО и практически не затрагивают АО. Именно при изменениях ПО в основном и возникают риски снижения надежности ДИС на этапе эксплуатации.

Информация, обрабатываемая ПО ДИС, хранится в составе ее БД. Изменения ПрО могут привести к необходимости изменений структуры БД или

состава уже существующих участков. Такие изменения БД обычно приводят к изменению ПО ДИС, так как изменяются алгоритмы обработки информации в БД.

Таким образом, четвертой особенностью является то, что при изменениях ДИС основные изменения претерпевает их программное обеспечение. Из этого можно сделать вывод о том, что снижение надежности ДИС при изменениях ПрО обусловлено именно снижением надежности их программного обеспечения.

3. Проблемы и противоречия при эксплуатации ДИС

На основании указанных особенностей выявим основные проблемы и противоречия, которые возникают на этапе эксплуатации ДИС и определяют негативные влияния на их надежность. Из изложенного ранее следует существование двух групп проблем. Первая группа проблем связана с влияниями негативного фактора изменений ПрО ДИС на этапе эксплуатации. Вторая группа проблем связана с оцениванием надежности. Известно, что если мы хотим влиять на какой-либо процесс, то, прежде всего, надо научиться точно измерять показатели этого процесса. То есть, сам процесс обеспечения надежности предусматривает необходимость ее оценивания. Проанализируем эти проблемы подробнее.

3.1. Проблемы и противоречия обеспечения надежности ДИС

Ранее показано, что основным негативным фактором, приводящим к снижению надежности ДИС на этапе эксплуатации, является необходимость их обновления вслед за изменениями ПрО. При этом возникает первое противоречие – между потребностью уменьшения простоев ДИС на этапе эксплуатации и необходимостью длительной приостановки их работы для выполнения обновлений при изменениях ПрО.

Как следует из третьей и четвертой особенности ДИС, при обновлениях изменяется состав и структура ПО ДИС и(или) ее БД. Как показывает опыт, при изменениях ПрО ДИС, изменению подлежит лишь часть программного кода, реализующая отдельные алгоритмы ее работы.

Такие алгоритмы, подлежащие изменению при изменениях ПрО, назовем *вариативными* алгоритмами. Количество вариативных алгоритмов, как правило, значительно меньше общего количества алгоритмов в ДИС. Так, например, в реализованной автором учетной ДИС «Агрокомплекс» [12] всего содержится 7513 программных модулей, реализующих алгоритмы ДИС. Из них вариативная часть составляет 360 алгоритмов, то есть лишь 4,8 процента.

При построении ДИС на основе традиционной структуры, при изменении вариативных алгоритмов производится изменение всего ПО. Такую, построенную на базе традиционного подхода структуру ДИС, назовем статичной структурой. Надо отметить, что именно статичная структура построения способствует увеличению времени простоев ДИС при обновлениях. Действительно, все алгоритмы, реализующие функциональные возможности ДИС, являются неотъемлемой частью ПО. При обновлениях, когда затрагивается, как мы видели, не все множество алгоритмов, изменения должны выполняться для всего ПО, как единого целого. Это приводит к появлению нескольких негативных факторов. Во-первых, объем информационного пакета, необходимого для обновления такой ДИС, неоправданно увеличивается. Во-вторых, увеличивается, соответственно, и время, необходимое для передачи пакета обновлений к пользователям. В период обновлений происходит приостановка работы ДИС, когда она частично или полностью перестает выполнять свои функции. Это также способствует уменьшению надежности и возникновению рисков аварий, техногенных катастроф и материальных потерь, особенно в отраслях непрерывного цикла работы (энергетика, транспорт, банковские и учетные системы).

Таким образом, процесс обновления связан с возникновением еще одного, второго противоречия – между необходимостью передачи большого объема информации к большому количеству пользователей и ограничениями, накладываемыми существующими каналами связи. Для выяснения существенности проблем, которые порождаются этим противоречием, рассмотрим ДИС «Бухгалтерский учет для Украины», которая разработана фирмой «ІС». Все программные модули и экранные формы этой ДИС размещены в одном компаундном файле размером около десяти мегабайт. Эта ДИС широко используется большинством предприятий и организаций Украины (около 975 тысяч). То есть, при обновлениях этой ДИС к серверу с файлом обновлений размером в десять мегабайт будут пытаться получить доступ несколько сотен тысяч абонентов одновременно. Поэтому, принимая во внимание ограниченную пропускную способность каналов связи, возникает проблема снижения надежности ДИС за счет увеличения времени на их обслуживание.

Необходимость передачи значительного по объему пакета обновлений к большому количеству пользователей фактически эквивалентна распределенной атаке типа «отказ в обслуживании» (DDoS-атаке) на сервер провайдера, где размещены обновления. Как известно, атаки такого типа могут привести к полному отказу в обслуживании всех клиентов, которые пользуются услугами этого провайдера.

ра, что может вызвать значительные финансовые потери. Так, согласно исследованиям компании Forrester Research, проведенным в 2009 году, если на сервере размещены WEB-сервисы электронной коммерции, то приостановка работы такого сервера вызывает потери от 190 до 650 тысяч долларов за один час.

С развитием промышленности и предпринимательства в Украине количество пользователей ДИС будет только увеличиваться. Поэтому решение отмеченных проблем и обеспечение надежности ДИС на этапе эксплуатации при изменениях Про возможно только за счет уменьшения объемов информации, которая должна передаваться к пользователям при обновлениях. Для повышения надежности требуется разработка нового структурного построения ДИС, которое способствовало бы сокращению времени их простоев на этапе эксплуатации.

3.2. Проблемы оценивания надежности ДИС

Оценивание надежности ИС и их программно-обеспечения на сегодня является очень сложной проблемой. Как показано в [13, 14], основной причиной этого является сам концептуальный базис теории надежности ПО – теория вероятностей. Процесс выявления дефектов в ПО и процесс проявления отказов в технических системах принципиально отличаются. Эти отличия состоят в следующем:

- дефекты в программах проявляются только при их выполнении для некоторых четко определенных наборов начальных данных. В технических системах их причинами являются случайные сбои аппаратуры;

- при повторении условий, при которых выявлен дефект, он обязательно будет выявлен опять. Это не дает возможность говорить о случайности процесса выявления ошибок и отказов ПО. В то же время современная теория технических систем строится на предположении о том, что отказ является случайным событием [15];

- компонентам программных систем не свойственны старение и износ, в то время как для аппаратных средств они являются важными факторами;

- исправление дефектов в программе делает невозможным их повторное проявление. В технических системах такие повторения отказов после устранения их причины возможны.

Для прогнозирования процесса выявления дефектов в ПО к настоящему времени создано более двадцати различных моделей надежности (МНПО) [16]. Опыт их практического применения и проведенный анализ точности [17] показывают, что использование существующих МНПО для оценивания надежности ДИС связано с такими проблемами:

- невозможно выделить наилучшую из моделей по признаку точности;

- ни одна из МНПО не учитывает влияние вторичных дефектов, за счет чего снижается точность оценивания надежности;

- среди большого количества существующих МНПО нельзя выделить универсальную модель, которая могла бы одинаково точно оценивать надежность разных программных систем;

- большое количество МНПО и отсутствие универсальной модели приводит к проблеме выбора конкретной модели для конкретной системы.

Эти проблемы не могут быть решены в рамках существующей теории надежности ПО и обуславливают существование третьего противоречия ДИС – противоречия между необходимостью обеспечения высокой точности оценивания показателей надежности ПО ДИС разного прикладного применения и отсутствием соответствующих моделей и методов такого оценивания в существующей теории надежности ПО. Для преодоления этого противоречия надо разработать новый концептуальный базис теории надежности ПО, и на его базе – соответствующие модели, методы и информационную технологию оценивания надежности ДИС во время эксплуатации.

Таким образом, усилия исследователей должны быть сосредоточены на устранении всех названных противоречий. Их устранение возможно за счет решения актуальной научно-прикладной проблемы, которая заключается в разработке нового концептуального базиса теории надежности ПО. Этот новый концептуальный базис должен обеспечить возможность применения для любых программных систем при учете вторичных дефектов. Для практического использования необходима разработка соответствующей информационной технологии.

Выводы

Проведенный анализ проблем обеспечения и оценивания надежности ДИС показал, что широкое распространение ДИС приводит к негативным последствиям, связанным с возможными неверными результатами и простоями в их работе. С широким внедрением информационных технологий эти негативные последствия имеют тенденцию к усилению. Проблема оценки и обеспечения надежности ДИС, испытывающих частые изменения в процессе эксплуатации, на сегодня является нерешенной. Основной причиной снижения надежности ДИС является внесение дефектов в их ПО при выполнении обновлений и возникновение простоев при обновлениях. Для разрешения этих противоречий необходима разработка новых теоретических основ надежности ПО и методов сокращения информационного пакета, передаваемого пользователям для выполнения обновлений.

Список літератури

1. Alavi M. *Managing End-User Computing as a Value-Added Resource* / M. Alavi, R.R. Nelson, I.R. Weiss // *Journal of Information Systems Management*. – Summer 1988. – P. 26-35.
2. Kaniclides T. *Executive Information Systems: A framework for their development and use* / T. Kaniclides, C. Kimble. – Hestington, 1994. – 27 p.
3. Bird J. *Executive Information Systems Management Handbook* / J. Bird. – Manchester: NCC Blackwell, 1991. – 195 p.
4. Поспелов Г.С. Системный анализ и искусственный интеллект для планирования и управления / Г.С. Поспелов // В сб.: *Кибернетика: дела практические*. – М.: Наука, 1984. – С. 35-64.
5. Маєвський Д.А. Адаптація функціонування облікових інформаційних систем до вимог нормативно – правових актів [Текст] / Д.А. Маєвський, О.Ю. Маєвська, В.М. Антошук // *Електромашиностроение и электрооборудование*. – К.: Техніка, 2009. – № 72. – С. 153-160.
6. Податковий кодекс України // *Голос України* – 2010, 12, 04.12.2010. № 229-230.
7. «В Україні зареєстровано більше мільйона підприємств». Український бізнес ресурс. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://ubr.ua/uk/finances/macroeconomics-ukraine/v-ukran-zarestrovano-blshe-mliona-pdprimstv-82429>.
8. Советов Б.Я. *Информационные технологии* / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский. – М.: В.ш., 2003. – 263 с.
9. ISO/IEC 12207. *Systems and software engineering – Software life cycle processes* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.math.unipd.it/~tullio/IS-1/2009/Approfondimenti/ISO_12207-2008.pdf.
10. Арчибальд Р. *Управление высокотехнологичными программами и проектами: Пер. с англ., под ред.* А.Д. Баженова / Р. Арчибальд. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 364 с.
11. Емельянова Н.З. *Основы построения автоматизированных информационных систем: учебное пособие* / Н.З. Емельянова, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. – М.: Форум: Инфра-М, 2005. – 412 с.
12. Маєвський Д.А. Інформаційна система «Агро-Комплекс» для бухгалтерського та оперативного обліку у сільському господарстві / Д.А. Маєвський, Т.Я. Тінтулова, В.М. Антошук // *Сб. Аграрний вісник причорномор'я. Технічні науки*. – 2009. – Вип. 48. – С. 151-156.
13. CASE-оценка критических программных систем. В 3-х томах. Том 2. Надежность / О.Н. Одаруценко, В.С. Харченко, Д.А. Маевский и др.; под ред. В.С. Харченко. – Х.: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 292 с.
14. Maevsky D.A. *Software reliability. Non probabilistic approach* / Dmitry A. Maevsky, Helen D. Maevskaya, Alexander A. Leonov // *Reliability: Theory & Applications. Electronic Journal*. – 2012. – Vol.7, No. 3. – P. 8-20.
15. Беляев Ю.К. *Надежность технических систем* / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.
16. Luu M.R. *Handbook of Software Reliability Engineering* / M.R. Luu. – New York: McGraw-Hill Company, 1996. – 805 p.
17. Маєвський Д.А. Сравнительный анализ моделей надежности программного обеспечения на этапе эксплуатации [Текст] / Д.А. Маевский, С.А. Яремчук // *Одесса: Тр. Одес. политехн. ун-та*. – 2011. – Вып. 1(35). – С. 82-85.

Поступила в редакцію 17.08.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Антошук, Одеський національний політехнічний університет, Одеса.

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Д.А. Маєвський

Розглянуто проблеми та протиріччя, що знижують надійність динамічних інформаційних систем. Динамічними названо системи, предметна область яких зазнає змін на етапі експлуатації. Виявлено особливості динамічних інформаційних систем, які відрізняють їх від інших видів систем та визначено пов'язані з ними протиріччя. Показано, що необхідність внесення змін на етапі експлуатації призводить до зниження надійності.

Ключові слова: динамічні інформаційні системи, надійність, предметна область, структурний синтез, зміни предметної області.

PROBLEMS OF RELIABILITY PROVIDING DURING EXPLOITATION OF THE DYNAMIC INFORMATION SYSTEMS

D.A. Maevsky

Are considered problems and contradictions, reducing reliability of the dynamic information systems. The dynamic are adopt the systems the subject domain of that suffers changes on the stage of exploitation. The features of the dynamic information systems, distinguishing them from other types of the systems and the contradictions related to them, are educed. Is shown, that the necessity of making alteration on the stage of exploitation results in the decline of reliability.

Keywords: dynamic informative systems, reliability, subject domain, structural synthesis, changes a subject domain.