

отказоустойчивых систем управления : дис. канд. ... техн. наук. Красноярск, 2003.

2. Алиев Х. Р. Эффективная модель оценки разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] // Исследовано в России. 2008. Т. 11, Вып. 3.

С. 338–364. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/030.pdf> (дата обращения: 29.09.2012).

3. Глазова М. А. Моделирование стоимости разработки проектов в ИТ-компаниях : дис. ... канд. экон. наук. М., 2008.

V. V. Kukartsev, D. A. Sheenok

COST ESTIMATION FOR MODERNIZATION OF CRITICAL RELIABILITY SYSTEMS SOFTWARE

The authors present the approach of estimation of cost of software upgrade with the account of different stages of life cycle and putting into effect software redundancy. The calculations of the cost of modernization of the software of the real system are made.

Keywords: software redundancy, laboriousness, software, decomposition.

© Кукарцев В. В., Шеенок Д. А., 2012

УДК 004.052.2

В. А. Кулягин

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Рассматривается аспект применения предложенной ранее модели оценки надежности автоматизированных систем управления предприятием на проекте автоматизации торгового предприятия. Цель – дать оценку надежности системы в виде определенного показателя и рассчитать его на каждом этапе жизненного цикла разработки, экспериментально подтвердить зависимости параметров, присутствующих в формулах, оценить эффективность предложенного метода оценки надежности.

Ключевые слова: модели оценки надежности программного обеспечения, автоматизированная система управления предприятием.

Проекты автоматизации торговли отличаются от проектов автоматизации иных видов деятельности. При автоматизации торговли возрастает значимость факторов производительности и надежности системы автоматизации вследствие больших объемов данных, которыми оперирует торговая компания, а также высокого уровня оперативности ввода данных в систему и их анализа. Автоматизированные системы управления предприятием (АСУП) в торговле достаточно часто требуют интеграции с разнообразным компьютеризированным торговым оборудованием: сканерами штрих-кодов, принтерами этикеток (штрих-кодов), терминалами сбора данных и т. д. При автоматизации торговли акцент всегда делается на автоматизацию незначительного количества формализованных бизнес-процессов (закупки, хранения, обработки заказов и т. д.), в то время как, например, бухгалтерский учет в торговой компании достаточно простой. Практически всегда при внедрении новой системы автоматизации торговли или сложных функций существующих систем автоматизации вопрос о «ручном» вводе данных в новую систему не стоит – большой объем данных требует максимального использования автоматических средств. И наконец, непрерывный цикл

работы торговой компании существенно усложняет планомерное внедрение системы автоматизации. В связи с приведенными причинами возникает интерес к исследованию оценки и обеспечения надежности применительно к этому классу АСУП.

Для оценки надежности АСУП торговых организаций предлагаются модели, описанные в [1]. Если входная надежность компонентов задана в виде значений вероятности безотказной работы, то используется базовая модель надежности. Если же она задана в виде значений вероятности успешного срабатывания, то используется модифицированная модель оценки надежности на основе статических вероятностей компонентов. Надежность автоматизированной системы управления предприятием в торговле $R_{АСУП_t}$ за рабочее время t :

$$R_{АСУП_t} = \prod_{l=1}^N R_{АСУП_{t,l}},$$

$$R_{АСУП_{t,l}} = \prod_{i=K_{l-1}+1}^{K_l} R_{it},$$

$$R_{it} = R_i,$$

если используется динамическая модель надежности,

$$R_{it} = e^{-\lambda_i t},$$

если используется статическая модель надежности,

$$\lambda_i = (1 - R_i) \frac{t}{dt_i},$$

$$R_i = \sum_{j=1}^F [R_{ij} \cdot R_{TO_ij} \cdot R_{инт_ij}] \cdot R_{OC_i} \cdot R_{ап_i} \times \\ \times R_{с_i} \cdot R_{СУБД_i} \cdot R_{пом_i} \cdot R_{пл}, \quad (1)$$

где $R_{АСУП_i}$ – надежность i -й секции (магазина или склада), $i = 1 \dots N$; N – количество секций (магазинов или складов); K_i – максимальный индекс модуля i -й секции; R_{it} – вероятность безотказной работы пользователя i за время t , $i = 1 \dots K$; R_i – надежность работы пользователя i ; R_{ij} – надежность программного компонента j для пользователя i , $j = 1 \dots F$; K – количество пользователей системы; F – количество программных компонентов системы; $R_{СУБД_i}$ – надежность подключаемой системы управления базами данных для пользователя i ; $R_{пл}$ – надежность платформы ERP-системы; $R_{с_i}$ – надежность локальной сети для пользователя i ; R_{OC_i} – надежность операционной системы для пользователя i ; $R_{ап_i}$ – надежность аппаратного обеспечения вычислительной машины для пользователя i ; $R_{пом_i}$ – надежность помещения, в котором осуществляется работа пользователя i (включает в себя влияние климатических факторов – температуры, влажности, солнечного света и факторов надежности электросети); R_{TO_ij} – надежность подключенного торгового оборудования для пользователя i , компонента j ; $R_{инт_ij}$ – надежность сети Интернет для пользователя i , компонента j ; t – интервал времени, за который оценивается вероятность безотказной работы; dt_i – средний интервал времени между двумя последовательными прогонами программы для пользователя i (определяется экспертом); λ_i – частота появления ошибок у пользователя i .

Коэффициент готовности системы $S_{АСУП}$:

$$S_{АСУП} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}, \quad T_2 = \frac{1}{y}, \quad y = -\frac{\ln(R_{АСУП_i})}{t},$$

где T_1 – среднее время простоя системы вследствие отказа (определяется экспертом); T_2 – среднее время появления отказа; y – частота появления отказов [1].

Для помощи специалисту, исследователю в оценке надежности АСУП торговых организаций на различных этапах жизненного цикла разработки была создана программная утилита «Оценка надежности АСУП». Программная система реализована в виде отдельного компонента ERP-системы «1С: Предприятие 8.2», который можно подключать и запускать на любой конфигурации. Программный продукт дает возможность удобно вводить и хранить параметры, уточнять входные параметры по ходу выполнения разработки, вычислять показатели надежности системы на основных этапах жизненного цикла разработки, оценивать эффективность выбранной модели оценки надежности.

В начале работы с программой в диалоге предлагается выбрать шесть файлов:

1) Input_design – файл, содержащий данные, необходимые для оценки надежности системы на стадии проектирования: код используемой модели оценки надежности, количество компонентов, количество пользователей, значения надежности готовых аппаратных и программных компонентов, вероятности использования модулей пользователями, предельные уровни надежности, уровень языка программирования, количество независимых входов и выходов разрабатываемых модулей, среднее время между двумя последовательными прогонами программы пользователями;

2) Input_coding – файл, содержащий дополнительные данные, необходимые для оценки надежности системы на стадии кодирования: коэффициенты сложности разработанных модулей, общее количество ошибок в модулях;

3) Input_testing – файл, содержащий дополнительные данные, необходимые для оценки надежности системы на стадии тестирования: значения надежности разработанных модулей;

4) Input_working – файл, содержащий дополнительные данные, необходимые для оценки надежности системы на стадии эксплуатации: значения надежности разработанных модулей, вероятности использования компонентов пользователями;

5) Input_maintenance – файл, содержащий информацию, необходимую для оценки надежности системы на стадии сопровождения; может содержать любые параметры, которые менялись за время эксплуатации системы;

6) Output – файл, в который записывается результат выполнения алгоритма: показатели надежности системы и относительные стандартные отклонения показателей.

Рассмотрим процесс разработки автоматизированной системы штрихкодирования и учета товаров на складе предприятия «Шелковые сети», а также оценим надежность системы на каждом этапе жизненного цикла разработки.

Стадия предпроектного обследования. Сфера деятельности рассматриваемого предприятия – розничные и оптовые продажи конечному потребителю и через дистрибьюторов. Центральный офис выполняет на предприятии основные функции, к которым относятся закупка товаров, ценообразование, перемещение товаров на периферийные оптовые точки и в розничные магазины, оптовые продажи, ведение бухгалтерского учета, функции управления и т. д. Требуется автоматизировать бизнес-процессы предприятия на трех оптовых и четырех розничных точках.

Особенности бизнес-процессов данного предприятия заключаются в том, что передача товаров с центрального оптового склада в розничные точки осуществляется по схеме «комитент–комиссионер». Оптовые склады принадлежат организации-комитенту, а розничные магазины – организации-комиссионеру, принимающему товар на комиссию. Также номенкла-

тура товара содержит более 300 000 позиций и имеет, помимо основных, дополнительные характеристики (цвет, размер), согласно которым необходимо вести учет. Все эти особенности требуют доработки типовых функций ERP-системы.

Стадия проектирования. На данном этапе распределяются обязанности участников проекта (табл. 1), определяются сроки выполнения этих обязанностей.

Срок сдачи проекта – 40 дней с начала разработки. В оптовых складах размещаются серверы, на которых располагаются информационные базы 1С и другие программы. Устаревшая часть компьютерного парка заменяется новой компьютерной техникой, приобретается недостающее торговое оборудование, лицензионное программное обеспечение и программы «1С:Предприятие 8». Часть пользователей будет работать в терминальном режиме на сервере, поэтому необходимо приобрести лицензии на терминальный доступ. Некоторые автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей оснащаются специализированным торговым оборудованием. АРМ кассира розничной торговой точки включает сканер штрихкодов, принтер чеков, ридер магнитных карт, АРМ товароведа оснащается сканером штрихкодов и принтером этикеток. На центральном складе у кладовщика устанавливается сканер штрихкодов и принтер этикеток. Специалистом технической поддержки выполняется экспертная оценка надежности используемых программных и аппаратных компонентов, результаты в виде числовых показателей заносятся в файл.

Разработка программной ERP-системы ведется на базе программных продуктов «1С:Предприятие 8». Составлена общая организационная схема предприятия, проработаны все возможные варианты размещения и взаимодействия информационных баз (ИБ) и выбрана наиболее оптимальная ИБ с точки зрения функциональности и надежности (см. рисунок).

Программа «1С:Предприятие» представляет собой совокупность технологической платформы и прикладных решений различного масштаба и различной направленности, созданных на основе технологической платформы [2].

Конфигурация «1С:Управление торговлей» автоматизирует следующие направления хозяйственной

деятельности предприятия: управление взаимоотношениями с клиентами, маркетинг, управление продажами, денежные средства, управление запасами, управление закупками, финансовый учет. Реализованы функции учета от ведения справочников и ввода первичных документов до получения различных аналитических отчетов. Цель применения – автоматизация работы трех оптовых складов.

Отраслевое решение «1С:Рарус:Розница.Магазин одежды и обуви» предназначено для автоматизации оперативного и управленческого учета, анализа и планирования операций в розничной торговле одеждой, обувью, аксессуарами, товарами для спорта и активного отдыха, в формате как одиночных магазинов, так и розничной торговой сети.

Конфигурация «1С:Комплексная автоматизация 8» решает прикладные задачи комплексной автоматизации управления и учета предприятий.

В единой информационной базе ведется управленческий, бухгалтерский и налоговый учет как одной, так и нескольких организаций [3]. Цель применения программы на предприятии «Шелковые сети» – автоматизация бухгалтерского учета и расчета зарплаты, управление персоналом, комплексный анализ всех данных на предприятии, возможность мониторинга и анализа эффективности для руководителей.

Информационные базы «1С:Управление торговлей», расположенные на оптовых складах, обмениваются между собой всеми данными. Информационная база «1С:Управление торговлей» на центральном складе обменивается с главной информационной базой «1С:Рарус:Розница». Из центрального склада в розницу поступают номенклатура, документы поступления товаров и розничные цены.

Центральная розничная база обменивается всеми данными с информационными базами магазинов, это необходимо для распределения товаров по магазинам и синхронизации данных о проданных дисконтных картах и подарочных сертификатах.

Также организуется односторонний обмен всеми данными из базы «1С:Управление торговлей» в базу «1С:Комплексная автоматизация» для получения комплексных отчетов по всем видам учета.

Таблица 1

Роли участников проекта

Специалист	Обязанности
Ведущий программист	Проектирование архитектуры программно-аппаратной системы, доработка ERP-системы (написание модулей), эксплуатационное тестирование, внедрение, сопровождение ERP-системы
Программист 1	Разработка правил переноса данных из ранней версии программы
Программист 2	Участие в запуске проекта (консультации для пользователей)
Программист 3	Участие в запуске проекта (консультации для пользователей)
Специалист технической поддержки	Проектирование архитектуры программно-аппаратной системы. Установка и настройка серверов, компьютеров, торгового оборудования. Установка и настройка лицензионного программного обеспечения на вычислительные машины

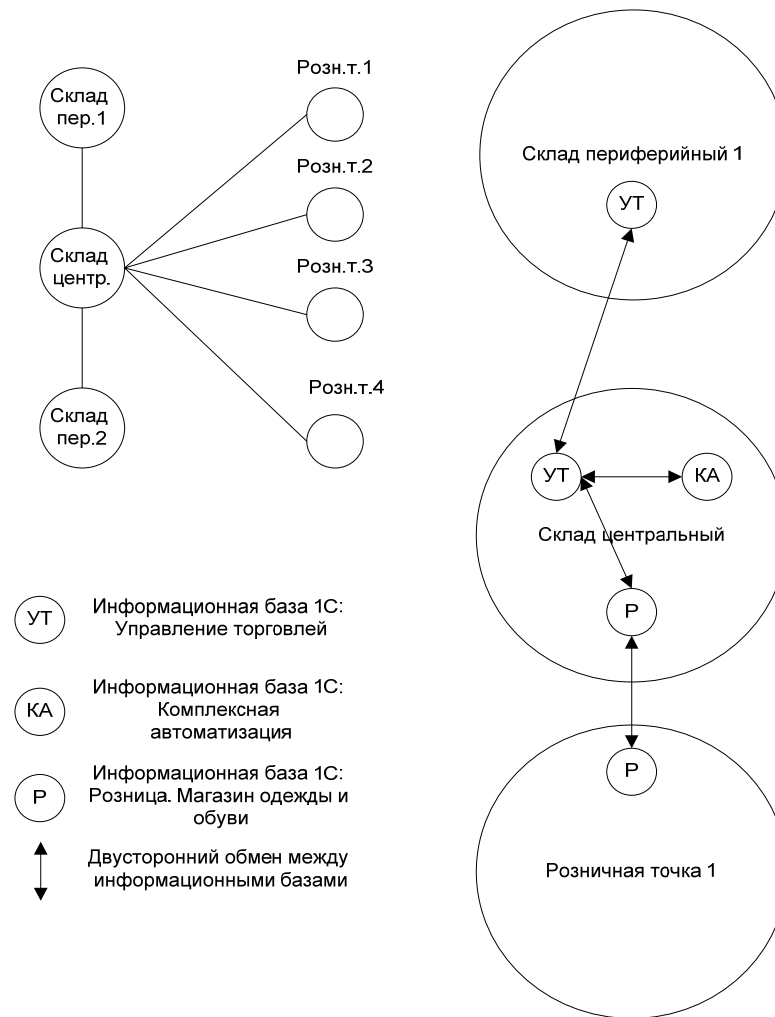


Схема обмена между ИБ предприятия

На центральном складе планируется использовать клиент-серверный режим работы «1С:Предприятие» в связи с большим количеством одновременно работающих пользователей, на остальных складах и в розничных магазинах – файл-серверный. Клиент-серверный режим, с одной стороны, увеличивает производительность работы многопользовательской системы, с другой стороны, добавляет еще одно звено – сервер, за надежностью которого также необходимо следить. Обмен данными выполняется в автоматическом режиме с интервалом в 1–2 часа, поэтому во всех торговых точках будет использоваться доступ к Интернету провайдера, надежность которого проверена.

Трудоемкость разработки ERP-системы оценена в 202 человеко-часов. Определены те компоненты, которые необходимо разработать с нуля и оценить их надежность на каждом этапе разработки по заданному методу.

В файл Input_design программы «Оценка надежности АСУП» вводятся начальные параметры. Общее количество используемых программных компонентов ERP-системы – 60, количество пользователей – 36. Методом экспертных оценок программисты выпол-

няют оценку вероятности использования каждого компонента пользователями и оценку надежности стандартных программных компонентов. Также определяется общее количество входов и выходов для каждого проектируемого модуля. Уровень языка программирования «1С:Предприятие» $\lambda = 1,9$, минимально допустимая надежность разрабатываемых модулей $R_{\min_{\text{мод}}}$ = 0,992, минимально допустимая надежность АСУП за $t = 1$ ч $R_{\min t}$ = 0,5, минимально допустимый коэффициент готовности системы $S_{\min}$ = 0,95.

Расчет количества ошибок в проектируемых модулях:

$$B_j = \frac{(V_j^*)^2}{(3\,000 \cdot l)},$$

$$V_j^* = (2 + \eta_{2j}^*) \log_2(2 + \eta_{2j}^*).$$

Надежность разрабатываемых программных модулей:

$$R_{\text{тест}j} = 1 - y_j,$$

$$y_j = c_j \cdot \dot{\epsilon}_{0j},$$

$$\dot{\epsilon}_{0j} = B_j \cdot X_j,$$

$$c_j = l \cdot c_{\text{сл}j},$$

где y_j – частота появления ошибок в модуле j ; ϵ_{0j} – количество оставшихся ошибок в модуле после тестирования; l – коэффициент пропорциональности, определяется на основании данных о ранее выполненных проектах; c_{slj} – коэффициент сложности модуля j , на данном этапе задается экспертом; X_j – доля ошибок, оставшихся в модуле после тестирования.

Надежность компонента j для пользователя i :

$$R_{ij} = PU_{ij} \cdot R_{\text{тест}j}, \text{ где } \sum_{j=1}^F PU_{ij} = 1, i = 1, \dots, K,$$

где PU_{ij} – вероятность использования компонента j пользователем i , $i = 1, \dots, K, j = 1, \dots, F$ [1].

Далее найденные R_{ij} подставляются в формулу (1).

Используя программную утилиту «Оценка надежности АСУП» и файл с входными данными, рассчитывают показатели надежности на данном этапе: $R_{\text{АСУП}_{t=1ч}} = 0,6412$, $S_{\text{АСУП}} = 0,96444$.

Стадия кодирования. Выполняется программирование необходимых модулей программной системы в соответствии с техническим заданием, сформированным на стадии проектирования. Рассчитывается структурная сложность каждого разработанного модуля.

Структурная сложность программ определяется числом взаимодействующих компонентов; числом связей между компонентами; сложностью взаимодействия компонентов.

При функционировании программы разнообразие ее поведения и разнообразие связей между ее входными и результирующими данными в значительной степени определяется набором маршрутов (чередующихся последовательностей вершин и дуг графа управления), по которым выполняется программа.

Все маршруты исполнения программного модуля условно можно разделить на две группы:

- вычислительные маршруты;
- маршруты принятия логических решений.

Поскольку доля вычислительной части во многих программных комплексах обработки информации относительно невелика, вычислительные маршруты не определяют структурную сложность программ.

Сложность маршрутов принятия логических решений оценивается формулой

$$c_{slj} = \sum_{i=1}^m p_{ij},$$

где p_{ij} – число ветвлений или число проверяемых условий в i -м маршруте j -го модуля [4].

Значения коэффициентов сложности записываются в файл Input_coding программной утилиты «Оценка надежности АСУП», затем рассчитываются значения надежности модулей и показатели надежности автоматизированной системы в целом: $R_{\text{АСУП}_{t=1ч}} = 0,7065$, $S_{\text{АСУП}} = 0,97222$.

Стадия тестирования. Используется модифицированный нисходящий метод тестирования. Этот подход требует, чтобы каждый модуль прошел автономное тестирование перед подключением к программе.

Программа собирается и тестируется сверху вниз. В зависимости от того, в каком виде заданы значения надежности входных компонентов, используется либо модель оценки надежности Нельсона, либо модель Джелинского–Моранды для вычисления надежности каждого тестируемого модуля $R_{\text{тест}j}$:

$$R_{\text{тест}j} = 1 - \frac{n_j}{m_j},$$

где n_j – количество неудачных прогонов программы; m_j – количество удачных прогонов программы [5].

Тестирование и исправление ошибок в модулях ведется до момента времени, пока $R_{\text{тест}j}$ не станет больше $R_{\text{ср}j}$. Полученные значения надежности модулей записываются в файл Input_testing, с помощью программной утилиты «Оценка надежности АСУП» рассчитываются показатели надежности: $R_{\text{АСУП}_{t=1ч}} = 0,6268$, $S_{\text{АСУП}} = 0,96262$.

Стадия эксплуатации. Наиболее часто встречающиеся типы ошибок на начальном этапе эксплуатации системы – это недостаток функциональности разработанных модулей (вследствие ошибок, допущенных на стадии проектирования), сбои в программных модулях, вызванных некорректными действиями пользователей (вследствие отсутствия соответствующей справочной информации, недостаточного уровня обучения персонала, отсутствия защиты от несанкционированных действий пользователя), перебои в работе сети Интернет, сбои и неполадки, вызванные несовместимостью отдельных компонентов вычислительных машин, торгового оборудования.

Значения надежности работы пользователей вычисляются на основании статистики об отказах, для этого используются встроенные в ERP-систему измерительные мониторы. Значения надежности R_i записываются в файл Input_working, затем с помощью утилиты «Оценка надежности АСУП» рассчитываются показатели надежности системы: $R_{\text{АСУП}_{t=1ч}} = 0,6337$, $S_{\text{АСУП}} = 0,96347$.

Проверим гипотезу о законе распределения случайной величины (экспоненциальное распределение с параметром $\lambda = 0,45624$), используя критерий Пирсона. Для проверки критерия вводится статистика:

$$\chi^2 = \sum \frac{(V_i - NP_i^{H_0})^2}{NP_i^{H_0}}.$$

Для критерия значимости 0,05 по табл. 2 критических значений Хи-квадрат распределения находится порог: 16,9. Наблюдаемое значение критерия $6,83 < 16,9$, следовательно гипотеза о том, что заданное распределение является экспоненциальным распределением с параметром $\lambda = 0,45624$, верна с уровнем значимости 0,05.

Используемая методика оценки надежности доказала свою применимость и может быть использована для оценки надежности в других проектах автоматизации торговых предприятий.

Значения параметров для вычисления критерия Пирсона

Время появления ошибки фактическое, ч	Интервал	Частота фактическая V_i	Время появления ошибки теоретическое, ч	Частота теоретическая $NP_i^{H_0}$	$\frac{(V_i - NP_i^{H_0})}{NP_i^{H_0}}$
0,3	(0; 4,3]	2	2,2	1	1
2,5	(4,3; 8,6]	2	4,4	2	0
5,9	(8,6; 12,9]	4	6,6	2	2
7,1	(12,9; 17,2]	2	8,8	2	0
9,1	(17,2; 21,5]	0	11	2	2
10,9	(21,5; 25,8]	3	13,2	2	0,5
12,5	(25,8; 30,1]	2	15,4	2	0
12,8	(30,1; 34,4]	2	17,6	2	0
15,4	(34,4; 38,7]	2	19,8	2	0
17,2	(38,7; 43]	1	22	3	1,33
21,9			24,2		$S = 6,83$
24,1			26,4		
25,8			28,6		
27,9			30,8		
28,7			33		
30,2			35,2		
33,7			37,4		
35,8			39,6		
38,2			41,8		
42,7			43		

Библиографические ссылки

1. Кулягин В. А. Модель оценки и обеспечения надежности автоматизированных информационных систем в торговле // Системный анализ. Информатика. Управление : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Запорожье, 2012. С. 172–174.

2. Профессиональная разработка в системе «1С:Предприятие 8» / А. П. Габец, Д. И. Гончаров, Д. В. Козырев и др. СПб. : Питер, 2006.

3. 1С:Предприятие 8. Система программ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.users.v8.1c.ru/> (дата обращения: 12.12.2012).

4. Кирьянчиков В. А., Опалева Э. А. Качество и надежность программного обеспечения. СПб. : Питер, 2002.

5. Романюк С. Г. Оценка надежности программного обеспечения // Открытые системы. М., 1994. № 4. С. 95–104.

V. A. Kulyagin

ANALYSIS OF APPLICATION OF RELIABILITY ASSESSMENT MODEL OF ENTERPRISE AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEMS

The author considers the aspect of application of the offered earlier model of reliability assessment of an enterprise automated management systems, in the case of project development of trade enterprise automation. The purpose is to give system reliability assessment in the form of a certain index and to calculate it at each stage of life cycle of development, and experimentally confirm dependence of parameters which occur at formulas and to evaluate efficiency of the offered method of reliability assessment.

Keywords: software reliability estimation models, automated enterprise management system.

© Кулягин В. А., 2012