

Э. Е. РУБИН, М. Д. ГОДЛЕВСКИЙ, В. С. БАРАШ

## СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ МОДЕЛИ ЗРЕЛОСТИ SPICE INTEGRATION

Рассматриваются подходы к улучшению качества процесса разработки программного обеспечения на основе моделей зрелости CMMI и SPICE. Проводится их сравнительный анализ и предлагается подход к формированию гибкой структуры модели зрелости SPICE, которая учитывает недостатки существующих моделей. Реализация гибкой структуры осуществляется путём структурно-параметрического синтеза модели зрелости SPICE Integration.

**Ключевые слова:** качество, модель зрелости, процесс разработки программного обеспечения, анализ, структурный синтез.

**Введение.** В современных условиях проблема оценки и улучшения качества процесса разработки программного обеспечения (ПРПО) актуальна в силу увеличения сложности программных систем и процессов в IT-компаниях. Даже с достаточным финансированием и имея необходимое время не все IT-компании гарантируют успех разработки программного обеспечения (ПО). Одна из причин – процессы по разработке ПО не имеют достаточный уровень зрелости.

Для решения проблемы оценки зрелости ПРПО были созданы подходы, среди которых выделяют два основных [1]:

- Capability Maturity Model Integration – CMMI;
- Software Process Improvement and Capability dEtermination – SPICE.

Кратко рассмотрим концепции каждого из них.

Основными понятиями модели зрелости CMMI являются [2]:

- фокусная область, которая представляет собой категорию действий, связанных с отдельной дисциплиной процесса разработки;
- практика, которая представляет собой отдельное действие в рамках определённой фокусной области.

CMMI реализована в двух вариантах – дискретное и непрерывное представления, в которых определены такие понятия как «уровень зрелости» и «уровень возможности», соответственно. Эти понятия соответствуют шкалам для оценки текущего уровня ПРПО организации и уровня фокусных областей. Модель зрелости определяет 5 уровней зрелости (maturity levels – ML) и 4 уровня возможности (capability levels – CL) [3].

Необходимо подчеркнуть интегральность модели зрелости CMMI, которая заключается в том, что при переходе на следующий уровень зрелости новые фокусные области, соответствующие этому уровню, и ранее задействованные следует реализовать на требуемом уровне возможности. Модель зрелости CMMI используется для внешнего аудита, обеспечивая аттестацию ПРПО организации с получением соответствующего сертификата. При этом основным недостатком модели зрелости CMMI является то, что она не учитывает особенности организаций, такие как используемые методологии разработки и управления проектами, цели и предметную область деятельности организации.

Основными понятиями модели зрелости SPICE (стандарт ISO/IEC 15504) являются [4]:

- практика – деятельность, которая вносит вклад в цели процесса для увеличения его возможности;
- процесс – совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы;
- атрибут оценки процесса – измеримая характеристика возможности процесса.

В отличие от CMMI, модель зрелости SPICE реализована только в одном варианте – непрерывное представление. Следовательно, SPICE определяет только понятие «уровень возможности», которое соответствует шкале оценки возможности отдельно взятых процессов, и, как следствие, не позволяет сделать оценку ПРПО организации в целом. Модель зрелости SPICE описывает 6 уровней возможности. Для достижения процессом того или иного уровня возможности необходимо чтобы были реализованы атрибуты процесса, соответствующие желаемому уровню возможности, на заданном уровне. Для всех процессов стандарт определяет 9 различных атрибутов [5].

**Постановка задачи.** Так как модель зрелости CMMI не позволяет учитывать особенности организации, а модель зрелости SPICE не обеспечивает получение агрегированной оценки качества ПРПО организации, предлагается разработать методологию гибкой структуры модели оценки уровня зрелости процесса разработки на базе модели зрелости SPICE, основной целью которой будет возможность дополнительно учитывать три фактора:

- особенности используемой методологии управления проектами и модели жизненного цикла (ЖЦ) ПРПО в организации;
- особенности предметной области;
- цели организации.

Учитывая то, что разрабатываемая модель зрелости будет базироваться на модели зрелости SPICE и при этом позволять получить скалярную оценку уровня зрелости ПРПО организации с учётом перечисленных ранее 3-х факторов, то назовём её SPICE Integration. Выставленная оценка с помощью модели зрелости SPICE Integration является уникальной для каждой организации и поэтому может быть использована только для внутреннего аудита.

Для построения модели зрелости SPICE Integration необходимо ответить на следующие вопросы:

- сколько необходимо уровней зрелости для организации?
- сколько и какие процессы должны рассматриваться для различных уровней зрелости?
- каким уровням возможности должны соответствовать процессы для достижения соответствующего уровня зрелости?

**Вербальное описание структурно-параметрического синтеза.** Задача формирования модели зрелости SPICE Integration является задачей структурно-параметрического синтеза. Под структурным синтезом понимается определение количества уровней зрелости и перечня процессов для каждого уровня. Параметрический синтез предполагает определение значений уровней возможности для каждого процесса, принадлежащего определённому уровню зрелости.

В работе предлагается использовать 5 уровней зрелости по аналогии с СММИ, а также интегральный подход при формировании уровней зрелости.

Каждый уровень зрелости характеризуется перечнем процессов и значениями их уровней возможности – профайлом уровня зрелости. На рис. 1 в качестве наглядности изображён пример профайла уровня зрелости, где на оси абсцисс находится измерение «Процесс», а на оси ординат – измерение «Уровень возможности».

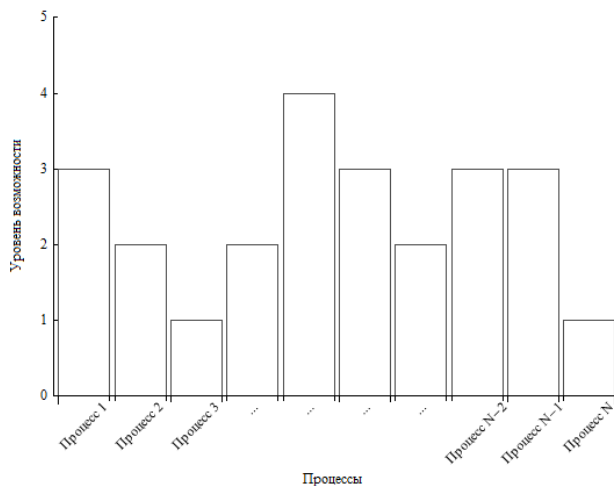


Рис. 1 – Пример профайла уровня зрелости

Понятию «уровень зрелости» ПРПО соответствует шкала качества, где первый уровень зрелости будем считать минимально возможным для выполнения работ, а пятый уровень зрелости – максимальным, при котором достигается наилучшее качество. Существует большое количество различных шкал, но наиболее эффективной является шкала Саати [6], которую можно считать аналогом шкалы уровней зрелости модели СММИ.

Будем использовать фундаментальное свойство систем [7], которое гласит, что полезность любой системы от вложенных ресурсов на всём интервале

жизненного цикла качественно может быть описана логистической кривой, которая имеет S-образный характер (см. рис. 2).

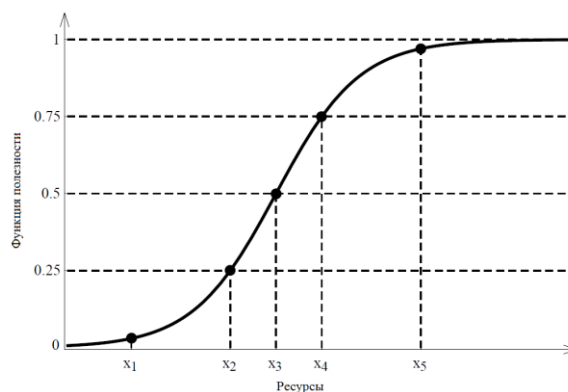


Рис. 2 – Логистическая кривая

Область изменения значений функции полезности имеет диапазон (0,1) (рис. 2). Согласно предлагаемой шкале уровней зрелости, пятый уровень соответствует наибольшему значению полезности, которое стремится к 1, а первый уровень соответствует наименьшему значению полезности близкому к 0. В работе сделано предположение, что при переходе между уровнями зрелости превосходство ПРПО возрастает равномерно. Таким образом, интервал изменения функции полезности делится на приблизительно равные 4 части с уровнями зрелости от первого до пятого. Второй уровень зрелости соответствует значению функции полезности 0.25, третий – 0.5, а четвёртый – 0.75. На рис. 2 ось абсцисс представляет собой ресурсы, которые необходимо задействовать организации для достижения соответствующего уровня зрелости, а точки  $x_1, x_2, x_3, x_4$  и  $x_5$  соответствуют их конкретным значениям. В силу S-образного характера кривой, переход с уровня на следующий уровень соответствует непропорциональному вкладу ресурсов. Так, например, исходя из рис. 2, наиболее дорогостоящими улучшениями являются переходы с первого на второй уровень зрелости, а также с четвёртого на пятый. Перейдём к рассмотрению основных этапов формирования модели оценки.

На первом этапе выбирается базовая модель, представляющая собой перечень всех процессов, которые могут быть задействованы при разработке ПО. Различный выбор базовых моделей в контексте разработки ПО представлен стандартами, такими как ISO/IEC 12207:2008, ISO/IEC TR 15504-5:2012 и т.д. В качестве основной базовой модели выбран стандарт ISO/IEC TR 15504-5:2012, согласно которому при разработке ПО могут быть задействованы 45 процессов, которые в свою очередь сгруппированы по 7-ми группам [8]. На втором этапе формируются профайлы первого и пятого уровней зрелостей. На рис. 3 в качестве примера изображён результат его выполнения.

Третий этап посвящён синтезу профайлов промежуточных уровней зрелости. При этом необходимо учитывать два ключевых аспекта:

- интегральность подхода к формированию перечня процессов;
- интегральность подхода к определению уровней возможности процессов.

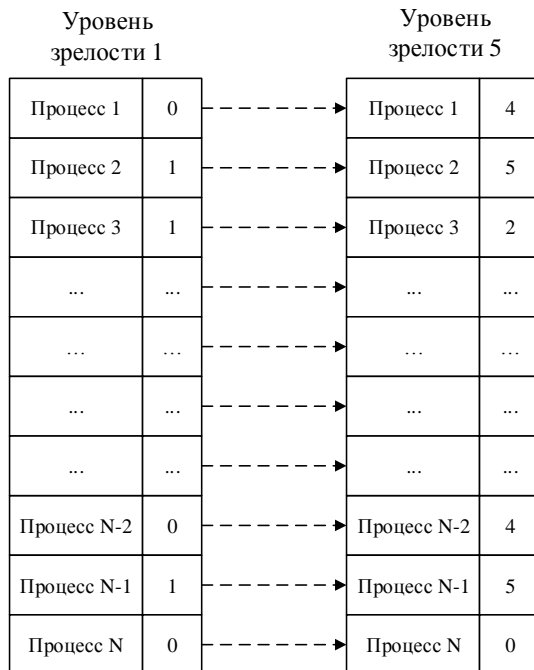


Рис. 3 – Профайлы первого и пятого уровней зрелости

Первый аспект подразумевает, что на первом уровне формируется базовый перечень процессов, который присутствует во всех остальных уровнях зрелости. Если на пятом уровне зрелости появились дополнительные процессы, это говорит о том, что они были добавлены при формировании промежуточных уровней зрелости или на заключительном пятом.

Второй аспект подразумевает, что уровни возможностей процессов на различных уровнях зрелости допускают два типа поведения:

- сохранить свой уровень возможности;
- повысить свой уровень возможности.

Таким образом, при формировании промежуточных уровней необходимо принимать во внимание как начальные значения уровней возможности (первый уровень зрелости), так и конечные (пятый уровень зрелости).

Для решения задачи формирования модели оценки ПРПО предлагается использовать экспертные методы, так как решаемая задача является трудно формализуемой. Эксперты выступают в роли своеобразного измерительного прибора, используя свои знания, опыт и интуицию, с целью количественной оценки каждого процесса.

Рассмотрим задачу формирования профайлов первого и конечного уровней зрелости. На рис. 4 представлена структура базовой модели на основе стандарта ISO/IEC TR 15504-5:2012, которая используется в работе. В работе считается, что все процессы, у которых существуют подпроцессы, являются их агрегацией и для упрощения структуры все подпро-

цессы вынесены на уровень процессов, заменяя сам процесс, которому они соответствуют.

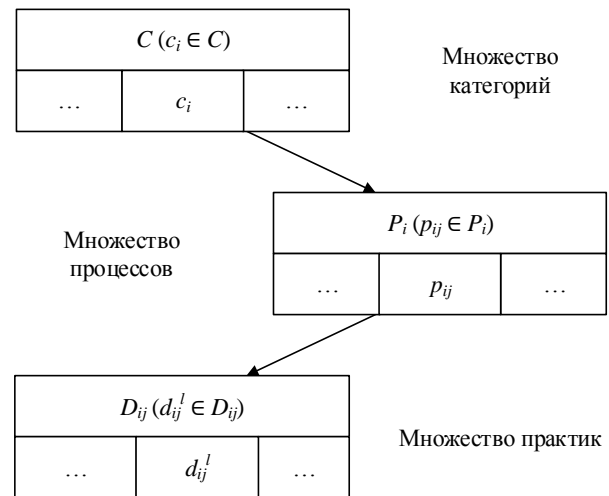


Рис. 4 – Структура базовой модели

Выбранная базовая модель определяет множество категорий

$$C = \{c_i, i = \overline{1,7}\}, \quad (1)$$

где  $c_i$  –  $i$ -я категория, которой соответствует множество процессов

$$P_i = \{p_{ij}, j = \overline{1, n_i}\}, i = \overline{1,7}, \quad (2)$$

где  $p_{ij}$  –  $j$ -й процесс  $i$ -й категории;

$n_i$  – количество процессов, входящих в  $i$ -ю категорию.

В свою очередь каждому процессу  $p_{ij}$  соответствует множество практик  $D_{ij}$ , где  $d_{ij}^l$  –  $l$ -я практика  $j$ -го процесса  $i$ -й категории.

Множество

$$E = \{e_h, h = \overline{1, v}\} \quad (3)$$

представляет собой совокупность независимых экспертов, которые были отобраны для проведения экспертизы,  $v$  – количество экспертов. Каждый  $h$ -й эксперт на основании своего опыта, знаний и интуиции проводит как оценивание значимости каждой категории процессов, так и оценивание значимости каждого процесса для категории, в которой он состоит. Для этого используется метод парных сравнений со шкалой Саати.

Рассмотрим матрицу парных сравнений экспертов, которая предназначена для определения значимости категорий. При этом оценки эксперты выставляют, основываясь на особенностях присущих конкретной организации, отвечая на вопрос: «Насколько более значимой является одна категория процессов нежели другая для максимального достижения поставленных перед организации целей с учётом её особенностей?». Таким образом, эксперты выставляют оценки и формируют матрицы:

$$\mathbf{A}^h = \begin{pmatrix} 1 & \alpha_{12}^h & \dots & \alpha_{17}^h \\ \alpha_{21}^h & 1 & \dots & \alpha_{27}^h \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{71}^h & \alpha_{72}^h & \dots & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где  $\mathbf{A}^h$  – матрица парных сравнений, заданная  $h$ -м экспертом для сравнения категорий процессов;

$\alpha_{ik}^h$  – оценка важности  $i$ -й категории по отношению к  $k$ -й, выставленная  $h$ -м экспертом,  $i, k = \overline{1,7}$ .

Далее определяется согласованность матриц  $\{\mathbf{A}^h\}$  и, в случае достаточного уровня согласованности, вычисляются вектора приоритетов [8] категорий процессов:

$$\mathbf{\Omega}^h = (\omega_1^h \ \omega_2^h \ \dots \ \omega_7^h)^T, \quad h = \overline{1, v}, \quad (5)$$

где  $\omega_i^h$  – приоритет  $i$ -й категории, определённый  $h$ -м экспертом.

Для определения значимости отдельных процессов аналогично для каждой категории создаются матрицы парных сравнений. При этом оценки эксперты выставляют, отвечая на вопрос: «Насколько более значимым является один процесс категории по отношению к другому для максимального достижения целей рассматриваемой категории с учётом поставленных целей организации и её особенностей?». Таким образом, эксперты выставляют оценки и формируют матрицы:

$$\mathbf{B}_i^h = \begin{pmatrix} 1 & \beta_{12}^{hi} & \dots & \beta_{1n_i}^{hi} \\ \beta_{21}^{hi} & 1 & \dots & \beta_{2n_i}^{hi} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{n_i 1}^{hi} & \beta_{n_i 2}^{hi} & \dots & 1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где  $\mathbf{B}_i^h$  – матрица парных сравнений, заданная  $h$ -м экспертом для процессов  $i$ -й категории;

$\beta_{jl}^{hi}$  – оценка важности  $j$ -го процесса по отношению к  $l$ -му процессу  $i$ -й категории, выставленная  $h$ -м экспертом,  $j, l \in \overline{1, n_i}$ .

Далее определяется согласованность суждений экспертов и, в случае достаточного уровня, формируются вектора приоритетов [8]:

$$\mathbf{\Theta}_i^h = (\theta_{i1}^h \ \theta_{i2}^h \ \dots \ \theta_{in_i}^h)^T, \quad i = \overline{1,7}, \quad h = \overline{1, v}, \quad (7)$$

где  $\mathbf{\Theta}_i^h$  – вектор приоритетов процессов  $i$ -й категории, определённый  $h$ -м экспертом;

$\theta_{ij}^h$  – приоритет  $j$ -го процесса  $i$ -й категории, определённый  $h$ -м экспертом.

Важность отдельно взятого процесса для достижения поставленных целей организации с учётом её особенностей рассчитывается по формуле:

$$\Psi_{ij}^h = \omega_i^h \cdot \theta_{ij}^h, \quad (8)$$

где  $\Psi_{ij}^h$  – приоритет  $j$ -го процесса  $i$ -й категории согласно суждениям  $h$ -го эксперта,  $\Psi_{ij}^h \in [0,1]$ ,  $j = \overline{1, n_i}$ ,  $i = \overline{1,7}$ ,  $\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{n_i} \Psi_{ij}^h = 1$ ,  $h = \overline{1, v}$ .

При экспертном оценивании очень важным вопросом является определение согласованности суждений экспертов, чтобы избежать субъективных точек зрения и их заинтересованности в том или ином решении. Поэтому следующим этапом является проверка согласованности. Для этого используется коэффициент ранговой конкордации Кендалла-Смита [9].

При достаточном уровне согласованности суждений экспертов проводится агрегация экспертных суждений и определяются весовые коэффициенты важности отдельных процессов по формуле:

$$\overline{\Psi}_{ij} = \frac{\sum_{h=1}^v \Psi_{ij}^h}{\sum_{h=1}^v \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{n_i} \Psi_{ij}^h}, \quad (9)$$

где  $\overline{\Psi}_{ij}$  – весовой коэффициент  $j$ -го процесса  $i$ -й категории согласно суждениям экспертов.

На завершающем этапе проводится «отсечка» части процессов на основании заранее выставленного показателя  $\delta$ , который регулирует чувствительность системы и количество процессов, которые будут рассматриваться исходя из показателей  $\overline{\Psi}_{ij}$ . Оставшиеся процессы входят в структуру пятого уровня зрелости.

Аналогично приведённой процедуре происходит оценка степени значимости категорий и процессов для первого уровня зрелости. Изменяются лишь вопросы, на которые отвечают эксперты. Так, для категорий вопрос будет звучать: «Насколько более значимой является одна категория процессов нежели другая для минимального достижения поставленных целей организации с учётом её особенностей?», а для процессов: «Насколько более значимым является один процесс категории по отношению к другому для минимального достижения целей рассматриваемой категории с учётом поставленных целей организации и её особенностей?».

**Выводы.** В статье были рассмотрены подходы к улучшению качества ПРПО, а именно модели зрелости CMMI и SPICE (ISO/IEC TR 15504). Проведен сравнительный анализ моделей зрелости и предложен подход к созданию гибкой структуры модели зрелости на базе SPICE – SPICE Integration. Рассмотрен алгоритм структурного синтеза модели при формировании первого и пятого уровней зрелости на основании методологии коллективного экспертного оценивания. В дальнейших исследованиях будут рассмотрены проблемы структурного синтеза промежуточных уровней зрелости, а также параметрического синтеза для всех уровней зрелости.

**Список литературы:** 1. Андон Ф. И. Основы инженерии качества программных систем. 2-е изд. / Ф. И. Андон, Г. И. Коваль, Т. М. Коротун [и др.]. – К. : Академперіодика, 2007. – 672 с. 2. Брагинский И. Л. Модель и информационная технология управления качеством процесса разработки программного обеспечения в условиях ограниченных ресурсов: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / И. Л. Брагинский, М. Д. Годлевский. – Х. : Изд-во НТУ «ХПИ», 2013. – 141 с. 3. CMMI Product Team. CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033) / CMMI Product Team. – Pittsburgh : Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010. – 470 p. 4. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-1 – 2009. Информационные технологии. Оценка процессов. Часть 1. Концепция и словарь. – М. : Стандартиформ, 2010. – 19 с. 5. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-2 – 2009. Информационные технологии. Оценка процессов. Часть 2. Проведение оценки. – М. : Стандартиформ, 2010. – 14 с. 6. Саати Т. Л. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Л. Саати, К. П. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с. 7. Саркисян С. А. Большие технические системы. Анализ и прогноз развития / С. А. Саркисян, В. М. Ахундов, Э. С. Минаев. – М. : Наука, 1977. – 350 с. 8. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с. 9. Кендэл М. Ранговая корреляция / М. Кендэл. – М. : Статистика, 1975. – 216 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Andon, F. I., et al. *Osnovy inzhenerii kachestva programmyh sistem. 2nd ed.* Kyiv: Akadempriodika, 2007. Print. 2. Braginskij, I. L., and M. D. Godlevskiy. *Model' i informacionnaja tehnologija upravlenija kachestvom processa razrabotki programmnogo obespechenija v uslovijah ogranichennyh resursov: dissertacija na soiskanie uchjonoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk.* Kharkiv, 2013, Print. 3. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. *CMMI Product Team. CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033).* Pittsburgh. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010. Print. 4. *GOST R ISO/MJK 15504-1 – 2009. Informacionnye tehnologii. Ocenka processov. Chast' 1. Konceptija i slovar'.* Moscow: Standartinform, 2010. Print. 5. *GOST R ISO/MJK 15504-2 – 2009. Informacionnye tehnologii. Ocenka processov. Chast' 2. Provedenie ochenki.* Moscow: Standartinform, 2010. Print. 6. Saati, T. L., and K. P. Kerns. *Analiticheskoe planirovanie. Organizacija sistem.* Moscow: Radio i svjaz', 1991. Print. 7. Sarkisyan, S. A., V. M. Ahundov, and J. S. Minaev. *Bol'shie tehniceskije sistemy. Analiz i prognoz razvitija.* Moscow: Nauka, 1977. Print. 8. Saati, T. L. *Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij.* Moscow: Radio i svjaz', 1993. Print. 9. Kendel M. *Rangovaja korrelyacija.* Moscow: Statistika, 1975. Print.

Поступила (received) 01.10.2015

**Рубин Эдуард Ефимович** – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; тел.: (057) 702-18-07; e-mail: eduard.rubin@nure.ua.

**Rubin Eduard Yefimovich** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; tel.: (057) 702-18-07; e-mail: eduard.rubin@nure.ua.

**Годлевский Михаил Дмитриевич** – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», заведующий кафедрой «Программная инженерия и информационные технологии управления»; тел.: (057) 707-65-20; e-mail: god\_asu@kpi.kharkov.ua.

**Godlevskiy Mykhailo Dmytrovych** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Head of the Department of Software Engineering and Management Information Technologies; tel.: (057) 707-65-20; e-mail: god\_asu@kpi.kharkov.ua.

**Бараш Виталий Сергеевич** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», магистрант; тел.: (097) 353-20-89; e-mail: vitalii.barash@outlook.com.

**Barash Vitalii Serhiyovych** – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Master Student; tel.: (097) 353-20-89; e-mail: vitalii.barash@outlook.com.