

## ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАТРАТ НА РАЗРАБОТКУ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СРЕДСТВА ПРОВЕРКИ КОРРЕКТНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.В. Бойкова, Р.А. Арутюнян,  
А.А. Курков, Я.А. Лещук

© Бойкова А.В., Арутюнян Р.А.,  
Курков А.А., Лещук Я.А., 2024

***Аннотация.** В статье предложен подход к оценке затрат на разработку инструментального средства проверки корректности программного обеспечения (ПО). Инструменты, разрабатываемые для проверки корректности ПО, обладают рядом особенностей, которые не учитываются в типовых методиках определения затрат на разработку и внедрение программных средств. Авторами предпринята попытка устранить данное несоответствие.*

***Ключевые слова:** затраты, программное обеспечение, верификация, трудоемкость.*

Тенденцией последних десятилетий является рост требований к программному обеспечению. При этом, как отмечают эксперты, наиболее трудозатратен процесс разработки встроенных алгоритмов и специального программного обеспечения (СПО) [1].

В этой связи особую актуальность приобретают вопросы создания автоматизированных инструментальных средств, позволяющих осуществлять поддержку процессов разработки и тестирования создаваемого ПО [2].

В основе большинства методик по определению стоимости программного обеспечения лежит затратный метод. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2017 г. № 1465 «О государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу, а также о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ» это метод определения цены на продукцию исходя из состава затрат на ее поставку (включая производство) и рентабельности (прибыли).

Условно факторы, от которых зависит итоговая стоимость ПО, можно разделить на три группы:

1. Тип программного продукта:  
 новое ПО, предполагающее разработку продукта под конкретного заказчика;  
 модификация ПО – улучшение существующего ПО;  
 интеграция ПО – добавление возможностей или внедрение существующего программного обеспечения в другие процессы;  
 веб-разработка – разработка программного обеспечения на базе веб-сайтов.

В зависимости от типа проекта определяются состав команды и бюджет времени.

2. Размер проекта:

мелкий – обычно предполагает внесение незначительных изменений в существующий продукт (это, например, настройка пользовательского интерфейса или исправление выявленных ошибок);

средний – как правило, автономные решения, например мобильное приложение, веб-приложение;

крупный – эти решения отличаются глубиной вложенности и сложностью, обеспечивают интеграцию с другими информационными системами и (или) базами данных, защиту информации.

3. Размер команды разработчиков – как правило, в нее входят менеджер проекта, разработчик и тестировщик. Причем при выполнении небольших проектов возможно совмещение функций, то есть разработчик может выполнять функцию тестировщика. Тем не менее в отношении крупных проектов делать это нецелесообразно [3].

Продолжительность разработки ПО в зависимости от типа и размера приведена в таблице.

Продолжительность разработки программного обеспечения [3]

Показатель	Мелкий, нед.	Средний, нед.	Крупный, мес.
Веб-разработка	1–2	2–6	2–6
Интеграция ПО	3–6	4–8	6–18
Модификация ПО	2–6	2–6	6–12
Новое ПО	4–8	3–8	6–18

Статистическое исследование данных завершённых проектов позволило разработать ряд подходов к оценке трудоемкости и длительности разработки программных продуктов. Наиболее известной и широко используемой является модель СОСОМО-II. Ее преимущества:

- возможность учета широкого спектра факторов, влияющих на экономические показатели и время разработки программных средств;
- наличие поправочных коэффициентов, учитывающих тип и размер разрабатываемого программного средства;
- универсальность;
- учет исторического опыта разработки аналогичных программных средств;
- простота применения [4, 5].

Оценка трудоемкости  $PM(People*Month)$  с использованием модели СОСОМО II осуществляется на основе соотношения:

$$PM = EAF \cdot A \cdot (SIZE)^E, \quad (1)$$

$$E = B + 0,01 \sum_{p=1}^5 SF_p, \quad (2)$$

где  $A$  – константа, учитывающая тип проекта;  $SIZE$  – предполагаемый размер программного средства (ПС) или программного компонента ПС в тысячах строк исходного кода (KSLOC);  $E$  – показатель, учитывающий изменение эффективности процесса разработки (производительности труда) при увеличении размера ПС;  $B$  – константа, учитывающая тип проекта;  $SF_p$  – фактор масштаба;  $p$  – количество факторов масштаба;  $EAF$  – уточняющий фактор, характеризующий предметную область, персонал, среду и инструментарий, используемый для создания ПС.

Для определения  $EAF$  воспользуемся формулой

$$EAF = \prod_{g=1}^G EM_g, \quad (3)$$

где  $EM_g$  – множители трудоемкости.

На этапе предварительной оценки трудоемкости разработки ПС достаточно учесть следующие факторы:

- 1) параметры персонала:
  - квалификацию персонала;
  - опыт персонала;
- 2) параметры продукта:
  - сложность и надежность продукта;
  - разработку для повторного использования;
- 3) параметры платформы – сложность платформы разработки;

4) параметры проекта:  
оборудование;  
отклонение от графика выполнения работ.

Размер программы в тысячах строк с учетом применяемого языка программирования:

$$SIZE = \frac{L \cdot SIZE_{исх}}{1000}, \quad (4)$$

где  $SIZE_{исх}$  – размер программы на исходном языке программирования;  
 $L$  – коэффициент соответствия строк кода на исходном языке программирования среднему числу строк кода на языке ассемблера.

Время разработки  $TM (TimeMonth)$  в соответствии с моделью СОСМО-II рассчитывается по формуле

$$TM = SCED \cdot C \cdot (PM_{NS})^{D+0,2(E-B)}, \quad (5)$$

где  $C, D$  – константы, определяемые в соответствии с типом проекта;  
 $PM_{NS}$  – трудоемкость проекта без учета множителя  $SCED$ , определяющего возможность сокращения срока разработки ПС.

После определения трудоемкости и длительности разработки инструментального средства проверки корректности СПО можно перейти к оценке совокупных затрат ( $C_{сов}$ ) на его разработку:

$$C_{сов} = C_{пер} + C_{взн} + C_a + C_k + C_{ком} + C_{пр}, \quad (6)$$

где  $C_{пер}$  – затраты на оплату труда привлеченного персонала;  $C_{взн}$  – страховые взносы с заработной платы;  $C_a$  – амортизация основных средств;  $C_k$  – командировочные расходы;  $C_{ком}$  – расходы на оплату коммунальных платежей;  $C_{пр}$  – прочие расходы.

Затраты на оплату труда привлеченного персонала определяются следующим образом:

$$C_{пер} = TM \cdot Ч, \quad (7)$$

где  $Ч$  – часовая ставка заработной платы специалиста.

С учетом необходимого количества специалистов страховые взносы определим на основе соотношения

$$C_{взн} = C_{пер} \cdot 0,3, \quad (8)$$

Коммунальные платежи определяются по основе выражения

$$C_{ком} = TM \cdot P_k, \quad (9)$$

где  $P_k$  – тариф на коммунальные услуги в единицу времени.

Для эффективной работы с заказчиком и поддержания высокого профессионального уровня специалистов (посещение специализированных конференций, форумов, выставок) необходимо учесть затраты на командировки:

$$C_k = N \cdot \chi_{ком}, \quad (10)$$

где  $N$  – планируемое количество командировок;  $\chi_{ком}$  – средние расходы на одну командировку.

Для работы специалистов, привлекаемых к разработке, необходимо аппаратное обеспечение: аппаратные средства, периферийные устройства, комплектующие.

Сумма амортизационных отчислений на аппаратно-программные средства, используемые при разработке инструментального средства проверки корректности СПО, определяется на основе соотношения:

$$C_a = C_{пер} \cdot A, \quad (11)$$

где  $C_{пер}$  – первоначальная стоимость аппаратно-программных средств;  $A$  – норма амортизации.

Годовая норма амортизации ( $A$ ) определяется в соответствии с линейным способом.

Таким образом, предлагаемый в статье подход позволяет учесть специфику разрабатываемого инструментального средства проверки корректности СПО и тем самым повысить достоверность оценки затрат на его разработку.

### Библиографический список

1. Доронин В.В. Концепция построения системы моделей для проектной организации // Математическое моделирование и инженерные расчеты: сборник статей по итогам науч.-тех. конф. М.: АйТи Сервис, 2020. С. 11–25.
2. Основы инженерии качества программных систем / Ф.И. Андон [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Казань: Академперіодика, 2007. 672 с.
3. Wilson R. How to estimate the cost of software development. URL: <https://www.spheregen.com/cost-of-software-development/> (дата обращения: 01.09.2022).
4. Липаев В.В. Экономика производства программных продуктов: 2-е изд. М.: СИНТЕГ, 2011. 358 с.
5. Software cost estimation with COCOMO II. Prentice Hall PTR / B.W. Boehm [et al.]. New Jersey: N&Co, 2000. 1500 p.
6. Миньков С.Л. Программная инженерия. Лабораторный практикум. Часть 2: учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2014. 40 с.

# APPROACH TO ESTIMATING THE COST OF DEVELOPING A SOFTWARE CORRECTNESS CHECK TOOLKIT

**A.V. Boykova, R.A. Arutyunyan,  
A.A. Kurkov, Y.A. Leshchuk**

**Abstract.** *The article proposes an approach to estimating the cost of developing a software correctness checking tool. Tools developed for software correctness verification have a number of peculiarities that are not taken into account in typical methods of determining the costs of software development and implementation. The authors makes an attempt to eliminate this inconsistency.*

**Keywords:** *costs, software, verification, labor intensity.*

## *Об авторах:*

Бойкова Анна Викторовна – д.э.н., профессор кафедры экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexmario@mail.ru

Арутюнян Рафик Арутюнович – магистрант 2-го курса направления 24.04.02 Управление качеством, кафедры экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия. E-mail: raf55ik@gmail.ru

Лещук Ярослав Андреевич – магистрант 2-го курса направления 24.04.02 Управление качеством, кафедра экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия. E-mail: leschuksy@mail.ru

Курков Александр Алексеевич – магистрант 2-го курса направления 24.04.02 Управление качеством, кафедра экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия. E-mail: kurkov.aleksandr1@mail.ru

## *About the authors:*

Boikova Anna Viktorovna – Doctor of Economics, Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexmario@mail.ru

Arutyunyan Rafik Arutyunovich – 2nd year Master's Student in the Direction 04/24/02 Quality Management, Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver, Russia. E-mail: raf55ik@gmail.ru

Leshchuk Yaroslav Andreevich – 2nd year Master's Student in the Direction 04/24/02 Quality Management, Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver, Russia. E-mail: leschuksy@mail.ru

Kurkov Alexander Alekseevich – 2nd year Master's Student in the Direction of 04/24/02 Quality Management, Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver, Russia. E-mail: kurkov.aleksandr1@mail.ru

УДК 553.048

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЯХ РОССИЙСКИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Т.Б. Яконовская**

© Яконовская Т.Б., 2024

***Аннотация.** В условиях высокой изменчивости технологической и экономической среды горных предприятий отчетливо прослеживается тренд на использование геоинформационных систем (ГИС) цифрового проектирования месторождений и горных предприятий. До недавнего времени на рынке программного обеспечения РФ не было российских ГИС-систем для цифрового проектирования горных предприятий. Однако в связи с необходимостью импортозамещения и повышения безопасности горных производств стало крайне важно использовать российские аналоги ГИС-систем. Среди российских программ одной из наиболее перспективных является Mineframe.*

***Ключевые слова:** горная промышленность, цифровизация, 3D-модели, визуализация.*

Для решения многих производственных задач в настоящее время все активнее внедряют информационные технологии во всех областях производства. Однако цифровизация горной промышленности в России происходит недостаточно активно, хотя внедрение искусственного интеллекта решило бы множество проблем: от повышения продуктивности до обеспечения безопасности проводимых работ [1–3].