

DOI: 10.26794/2408-9303-2018-5-2-52-59

УДК 331(045)

JEL J24, L64, M54

Методический подход к формированию прогнозной трудоемкости создания (модернизации) сложных технических систем

А.Г. Подольский,

ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, Москва, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-0957-4898>

А.В. Бабкин,

военное представительство Министерства обороны Российской Федерации,

Москва, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-5207-6988>

АННОТАЦИЯ

Предмет. Предметом исследования выступают методологические аспекты формирования прогнозной трудоемкости создания (модернизации) сложных технических систем.

Цель. Целью статьи является повышение эффективности использования трудовых и финансовых ресурсов, направляемых на создание (модернизацию) сложных технических систем.

Методология. Отсутствие методического обеспечения формирования трудоемкости опытно-конструкторских работ по созданию сложных технических систем обусловило актуальность разработки подхода к ее обоснованию. Его изложение основано на системном анализе и методах декомпозиции сложных технических систем, а также синтеза их составных частей на различных уровнях декомпозиции. Процесс разработки рассматривается как совокупность этапов, каждый из которых имеет свои специфические особенности и требует привлечения работников, обладающих различной специализацией. Для отражения объема и состава работ, связанных с разработкой, сложная техническая система декомпозирована на подсистемы и составные части, а этапы разработки – на задачи и подзадачи, которые должны быть решены в ходе их выполнения. При этом для обеспечения рациональной декомпозиции сформированы требования, которым она должна удовлетворять.

Результаты. Разработана методика оценки трудоемкости создания (модернизации) сложных технических систем, позволяющая получать прогнозные оценки выполнения важнейших этапов разработки: разработка эскизного и технического проекта; разработка рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца; изготовление опытного образца; проведение государственных испытаний опытного образца; утверждение рабочей конструкторской документации для организации промышленного (серийного) производства.

Выводы. Предложенный методический подход может послужить основой для разработки межведомственных методических рекомендаций по оценке трудоемкости создания (модернизации) сложных технических систем.

Ключевые слова: компонента; методическое обеспечение; трудоемкость; подсистема; разработка; сложная техническая система

Для цитирования: Подольский А.Г., Бабкин А.В. Методический подход к формированию прогнозной трудоемкости создания (модернизации) сложных технических систем // Учет. Анализ. Аудит. 2018. Т. 5. № 2. С. 52-59. DOI: 10.26794/2408-9303-2018-5-2-52-59

DOI: 10.26794/2408-9303-2018-5-2-52-59
UDK 331(045)
JEL J24, L64, M54

Methodical Approach to the Formation of the Forecast Labor Intensity of the Development (Modernization) of Complex Technical Systems

A.G. Podolsky,

46th Central Research Institute of the Ministry of Defense
of the Russian Federation,
Moscow, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-0957-4898>

A.V. Babkin,

Military Representative Office of the Ministry of Defense
of the Russian Federation,
Moscow, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-5207-6988>

ABSTRACT

Subject. The subject of the research are methodological aspects of formation of the forecast of the complexity of creation (modernization) of complex technical systems.

Purpose. The purpose of this article is to increase the efficiency use of human and financial resources for the development (modernization) of complex technical systems.

Methodology. The lack of methodological support of the formation of the complexity of developmental works on creation of complex technical systems has led to the development of the approach to its study. His presentation is based on the system analysis and decomposition methods of complex technical systems and synthesis of their constituent parts at different levels of decomposition. The development process is considered as a set of stages, each of which has its own specific features and requires workers with different specialization. To reflect the volume of work associated with development, complex technical system is decomposed into subsystems and components, and stages of development – the tasks and subtasks that must be solved in their implementation. In order to provide a rational decomposition of the formed requirements it must satisfy.

Results. The developed technique of an estimation of complexity of development (modernization) of complex technical systems, allowing to obtain a predictive evaluation of the implementation of the most important stages of development: the development of sketch and technical projects; development of design documentation for manufacturing a prototype; prototyping; performance of state tests of the prototype; the approval of working design documentation for industrial (serial) production.

Conclusions. The proposed methodical approach can serve as a basis for the development of interdepartmental methodological recommendations for assessing the complexity of creating (upgrading) complex technical systems.

Keywords: component; methodical support; labor input; subsystem; development; complex technical system

For citation: Podolsky A.G., Babkin A.V. Methodical Approach to the Formation of the Forecast Labor Intensity of the Development (Modernization) of Complex Technical Systems. *Uchet. Analiz. Audit = Accounting. Analysis. Auditing*, 2018, vol. 5, no. 2, pp. 52-59. (In Russ.). DOI: 10.26794/2408-9303-2018-5-2-52-59

ВВЕДЕНИЕ

Создание (модернизация) сложных технических систем (СТС) требует значительных финансовых ресурсов. В этой связи важно обеспечить как их обоснованность при формировании плановых документов, так и эффективное расходование в процессе разработки. Одним из основных инструментов достижения указанной цели является совершенствование методического обеспечения определения трудоемкости работ, выполняемых при создании (модернизации) СТС, которая комплексно характеризует используемые производственные и человеческие ресурсы. Важность учета трудозатрат в своих работах отмечают зарубежные [1–4] и отечественные [5–10 и др.] специалисты.

С этой целью реализуются мероприятия по совершенствованию системы нормирования и оплаты труда. Так, Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации приказом от 31.05.2013 № 235 утвердило Методические рекомендации для федеральных органов исполнительной власти по разработке типовых отраслевых норм труда. Кроме того, анализ имеющихся публикаций, посвященных рассматриваемой тематике, показал, что изложенные в них материалы по оценке трудоемкости создания (модернизации) СТС не позволяют адекватно отразить особенности конструктивно-компоновочных решений и состав подсистем, а также учесть специализацию и количество привлекаемых к разработке работников. Это негативно сказывается на объективности и обоснованности оценки трудоемкости.

В этой связи весьма актуальным является решение задачи создания методических рекомендаций, которые бы носили межведомственный характер, т.е. являлись бы инструментом выработки единых для исполнителя государственного заказа и заказчика оценок трудоемкости создания (модернизации) СТС.

Решение указанной задачи позитивно отразится на обоснованности прогнозных цен, а следовательно, будет способствовать повышению эффективности расходования бюджетных средств.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ТРУДОЕМКОСТИ СОЗДАНИЯ (МОДЕРНИЗАЦИИ) СТС

1. Декомпозиция планируемой опытно-конструкторской работы на этапы разработки, задачи, подзадачи

Рассмотрим основные положения предлагаемого методического подхода к оценке трудоемкости создания (модернизации) СТС. При этом особое внимание уделено четкости изложения и практической направленности. Для этого методическое обеспечение представлено в виде последовательно выполненных этапов с раскрытием сути каждого из них.

Первым шагом при формировании трудоемкости является разделение опытно-конструкторской работы (ОКР) на этапы разработки и виды работ.

Для достижения единого организационно-методического порядка выполнения ОКР [составной части (СЧ) ОКР] устанавливаются следующие этапы:

- разработка эскизного проекта;
- разработка технического проекта;
- разработка рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца СТС;
- изготовление опытного образца СТС;
- проведение государственных испытаний опытного образца СТС;
- утверждение рабочей конструкторской документации для организации промышленного (серийного) производства СТС.

Основными видами работ, характеризующими ОКР (СЧ ОКР), являются:

- проектирование, состоящее в разработке принципиальных технических решений изделия, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделия (в ходе разработки эскизного проекта), а также в разработке окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия (в ходе разработки технического проекта);
- конструирование (конструкторская реализация технических решений);
- изготовление макета (при необходимости);
- моделирование, опытное изготовление образцов продукции;

- подтверждение технических решений и их конструкторской реализации путем проведения испытаний опытных образцов;

- организационно-технические мероприятия.

Для отражения специфики выполнения указанных видов работ, связанной с разработкой разнотипных подсистем, агрегатов, узлов и элементов, на *втором шаге* осуществляется декомпозиция планируемой к созданию (модернизации) СТС на составные части.

При этом необходимо учитывать, что в общем случае при проведении опытно-конструкторских работ, помимо собственно изготовления опытного образца (опытной партии) СТС (опытного образца СЧ СТС), могут разрабатываться специальное технологическое оборудование и оснастка, учебно-тренировочные средства и другие технические средства (при необходимости), а также специальное программное обеспечение.

Декомпозиция опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) на подсистемы, каждой подсистемы на компоненты, а также последующая декомпозиция каждой компоненты на составные части следующего уровня должна быть рациональной с точки зрения выполнения следующих **требований**:

а) *должен быть обоснован перечень составных частей опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС);*

б) *каждая составная часть планируемого к разработке опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) и существующая составная часть идентичного с ней функционального назначения, являющаяся ее аналогом, должны быть охарактеризованы совокупностью общих характеристик, отражающих их основные потребительские свойства и оказывающих существенное влияние на трудоемкость их изготовления;*

в) *каждая составная часть (подсистема, компонента) в планируемом к разработке опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) должна быть идентифицирована либо как составная часть, используемая без изменения, либо как составная часть, которая должна быть разработана в варианте «нового поколения» или в варианте модернизации (глубокой, средней, незначительной).*

Результаты декомпозиции опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) на подсистемы (1-й уровень декомпозиции) заносятся в *таблицу*.

Если степень проработки облика *опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС)* позволяет осуществить декомпозицию подсистем на составные части следующего (второго) уровня, то для каждой подсистемы заполняется новая таблица.

Выполнение первого требования направлено на обеспечение целевого использования трудовых ресурсов и возможности сопоставления каждой составной части планируемой к созданию опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) с существующей идентичной по своему функциональному назначению составной частью, рассматриваемой в качестве аналога. В качестве указанной составной части принимается составная часть i^* , которая минимизирует метрику, представляющую собой декартово расстояние между характеристиками составной части планируемой к разработке опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) и существующей составной части идентичного функционального назначения.

При выборе состава характеристик, используемых в приведенной метрике, следует руководствоваться **правилом**: *выбранные характеристики должны быть независимы или слабо зависимы между собой.*

Для выполнения указанного правила должен осуществляться логический анализ взаимосвязи характеристик исходя из их специфики. В дополнение к этому может быть использован аппарат факторного анализа, позволяющий повысить степень обоснованности состава учитываемых при расчете указанной метрики характеристик.

Второе и третье требования являются основой для обоснования изменения трудоемкости разработки каждой составной части опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) по отношению к составной части, являющейся для нее аналогом.

После проведения декомпозиции разработки на этапы и опытного образца СТС на составные части осуществляется **третий шаг**, в ходе которого проводится декомпозиция процесса разработки составных частей на задачи и подзадачи, которые необходимо решить в процессе выполнения каждого этапа, а также определяются виды работ, выполнение которых необходимо для их решения.

В связи с тем, что различные виды работ, выполняемые в интересах решения задачи

Таблица / Table

Результаты декомпозиции на составные части опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) _____ на этапе разработки _____ / The results of the decomposition into its component parts of the prototype STS (prototype mid STS) _____ during the development phase _____

№ п/п	Подсистема 1 / Subsystem 1										
	Наименование / Name	Шифр / Cipher	Характеристики / Features							...	
			1-я характеристика / 1-l characteristic			2-я характеристика / 2-l characteristic					
Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit	Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit						

№ п/п	Аналог подсистемы 1 / Analog subsystem 1										
	Наименование / Name	Шифр / Cipher	Характеристики / Features							...	
			1-я характеристика / 1-l characteristic			2-я характеристика / 2-l characteristic					
Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit	Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit						

№ п/п	Подсистема 2 / Subsystem 2										
	Наименование / Name	Шифр / Cipher	Характеристики / Features							...	
			1-я характеристика / 1-l characteristic			2-я характеристика / 2-l characteristic					
Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit	Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit						

№ п/п	Аналог подсистемы 2 / Analog subsystem 2										
	Наименование / Name	Шифр / Cipher	Характеристики / Features							...	
			1-я характеристика / 1-l characteristic			2-я характеристика / 2-l characteristic					
Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit	Наименование / Name	Значение / Value	Ед. измер. / Unit						

(подзадачи), должны быть согласованы, то для этого вводится два дополнительных универсальных вида работ, первый из которых состоит в синтезе различных видов работ, выполняемых в интересах решения задачи (подзадачи), а второй — в синтезе результатов решения задач и подзадач на различных уровнях декомпозиции.

Декомпозиция этапов разработки на задачи, каждой задачи на подзадачи, а также последующая декомпозиция каждой подзадачи на подзадачи следующего уровня должна быть рациональной с точки зрения выполнения следующих **требований**:

а) каждая задача (подзадача) должна иметь четкую формулировку;

б) каждая задача (подзадача) должна быть связана с разработкой конкретной составной части опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС);

в) виды работ должны быть направлены на решение задач (подзадач).

Выполнение указанных требований необходимо для обоснованного планирования трудовых ресурсов на решение только тех задач (подзадач), результаты которых используются в интересах разработки опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС).

В процессе разработки осуществляется изготовление одного или нескольких опытных образ-

цов СТС (опытного образца СЧ СТС), которые подвергаются испытаниям. Их изготовление и испытания требуют значительных затрат трудовых ресурсов.

2. Декомпозиция опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС), планируемого к изготовлению, на составные части

Для обоснования трудоемкости изготовления опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) необходимо выявить особенности создания (модернизации) продукции, которые зависят от характеристик составных частей и вариантов их разработки. Поэтому основой для выявления принципиальных отличий (конструктивных, схемных, технологических и др.), дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве СТС и его составных частей, от существующей аналогичной, влияющих на изменение потребности в трудовых ресурсах, является результат декомпозиции СТС на составные части.

Необходимость указанного разделения обусловлена тем, что трудоемкость работ, связанных с изготовлением опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) и их составных частей, оснастки и других технических средств, в существенной степени зависит от технико-конструктивных характеристик. Указанная взаимосвязь может быть отражена в виде аналитической зависимости.

Рассмотрим порядок определения трудоемкости выполнения работ, входящих в первую группу.

Для каждого вида работы определяются количество и состав работников, которые ее выполняют, а также интенсивность работ.

3. Показатели интенсивности выполнения работ

Под интенсивностью работы, выполняемой в интересах решения задачи (подзадачи), а также синтеза результатов решения задач (подзадач) и организационно-технических работ, понимается величина, характеризующая условное количество работников, которые заняты ее выполнением в течение всего срока решения соответствующей задачи (подзадачи). Так как работники в течение рабочего времени, в общем случае, могут быть заняты выполнением нескольких видов работ, выполняемых в ин-

тересах решения одной или нескольких задач (подзадач), то интенсивность работ, может быть как целой, так и дробной величиной.

Например, пусть работу по решению задачи (подзадачи) в течение всего запланированного времени постоянно выполняют 2 работника. Тогда интенсивность выполнения работы в течение запланированного времени составляет 2 человека. Если один из двух работников в рассматриваемом примере постоянно занят выполнением работы только половину всего запланированного срока, то интенсивность выполнения работы составит 1,5 человека. При этом не важно, как распределяют работники свое рабочее время между различными видами работ.

Использование понятия интенсивности работ позволяет учитывать при планировании распределение работников на выполнение различных видов работ и их занятость в течение фиксированного отрезка времени.

Результаты выполнения изложенных шагов должны храниться в систематизированном виде в специальной базе данных.

Данные по всем завершенным опытно-конструкторским работам, в том числе по задачам и подзадачам, которые в ней были решены, а также по работам, выполняемым в текущее время, после анализа на предмет эффективного использования трудовых ресурсов и технических средств должны быть занесены в специальную базу данных, которую для краткости будем называть базой данных эталонных работ первой группы.

Для обеспечения соответствия трудозатрат, содержащихся в эталонной базе данных, достигнутому уровню развития организации труда и технических средств, а также эффективного использования трудовых ресурсов при разработке перспективных образцов содержащаяся в базе данных информация должна периодически корректироваться (например, раз в год).

Рассмотрим порядок определения трудоемкости изготовления опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) и его составных частей, оснастки и других технических средств на различных этапах разработки. Для этого могут использоваться три подхода, применению каждого из которых должна предшествовать декомпозиция. Ее глубина зависит от степени прора-

ботки облика опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС).

В качестве показателя трудоемкости изготовления опытного образца СТС (опытного образца СЧ СТС) и его составных частей, оснастки и других технических средств, далее, если иное не оговорено, используется технологическая трудоемкость, представляющая собой затраты труда основных рабочих, осуществляющих непосредственное технологическое воздействие на предмет труда в процессе изготовления продукции.

Так как обоснование количества опытных образцов, которые требуется изготовить в процессе разработки, является самостоятельной задачей, то первоначально осуществляется оценка трудоемкости изготовления единичного образца и его составных частей.

Первый подход применяется для оценки трудоемкости тех составных частей, которые используются в существующей СТС без изменения или с незначительными изменениями, не оказывающими влияния на трудоемкость их изготовления, производство которых осуществляется в текущий момент времени. Он состоит в использовании метода фотографии производственного процесса или иного метода оценки трудоемкости изготовления составных частей нижнего уровня декомпозиции СТС, а также работ, связанных с синтезом его составных частей, принадлежащих одному уровню декомпозиции и изготавливаемых в интересах составной части верхнего уровня декомпозиции или СТС в целом.

Здесь и далее под синтезом составных частей образца понимается совокупность работ, связанных с их сборкой, контролем качества, тестированием и выполнением других работ в соответствии с технологическим процессом.

Следующие два подхода применяются в случае, если первый подход применить не представляется возможным.

Второй подход основан на выборе аналога и учете основных технико-конструктивных характеристик, оказывающих существенное влияние

на изменение трудоемкости работ при переходе от изготовления аналога к изготовлению оцениваемой составной части нижнего уровня декомпозиции.

Третий подход к определению трудоемкости изготовления i -й составной части основан на построении нормативного уравнения, представляющего собой регрессионную зависимость линейного или нелинейного вида. Выбор вида нормативного уравнения и включаемых в него факторов осуществляется с применением аппарата корреляционного и регрессионного анализа.

Применение указанного подхода ограничено возможностью формирования ряда однотипных составных частей с оцениваемой составной частью для построения регрессии.

После определения трудоемкости изготовления составных частей нижнего уровня декомпозиции СТС и работ, связанных с синтезом составных частей, принадлежащих одному уровню декомпозиции, производится пошаговый переход от нижнего уровня декомпозиции к верхнему уровню.

Общее правило определения трудоемкости изготовления компоненты (подсистемы), не относящейся к нижнему уровню декомпозиции, состоит в следующем: *трудоемкость изготовления компоненты (подсистемы), не относящейся к нижнему уровню декомпозиции, равна сумме изготовления ее составных частей и работ, связанных с их синтезом.*

После выполнения ряда шагов с применением указанного правила будут определены трудоемкости изготовления всех подсистем СТС. Затем путем суммирования трудоемкостей изготовления всех подсистем определяется трудоемкость изготовления СТС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенный методический подход к определению трудоемкости создания (модернизации) СТС может послужить основой для создания межведомственной инструкции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика. Т. 1: пер. с англ. М.: Республика, 1992. 400 с.
2. Маршалл А. Принципы экономической науки. Т. 1: пер. с англ. М.: Прогресс, 1993. 416 с.
3. Монден Я. «Тоёта»: методы эффективного управления: пер. с англ. М.: Экономика, 1989. 288 с.

4. Стивенсон В.Д. Управление производством: пер. с англ. М.: Бином, 1999. 928 с.
5. Кушнир А.Б. Особенности творческого труда в вопросах его нормирования // Вестник НИИ Труда. 2010. № 23 (34). С. 64–66.
6. Пашуто В.П. Организация, нормирование и оплата труда на предприятии: учебно-практ. пособие. М.: КНОРУС, 2017. 318 с.
7. Бухалков М.И. Организация и нормирование труда: учебник для вузов. М.: ИНФРА-М, 2016. 380 с.
8. Рофе А.И. Организация и нормирование труда: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2016. 224 с.
9. Подольский А. Г., Косенко А. А. К оценке трудоемкости разработки продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2015. № 4 (33). С. 54–61. URL: <http://www.viek.ru>.
10. Боков С.И., Подольский А.Г. Принципы оценки трудоемкости научно-исследовательских работ, выполняемых в интересах развития электронной компонентной базы // Вооружение и экономика. 2015. № 1 (30). С. 84–93. URL: <http://www.viek.ru>.

REFERENCES

1. McConnell K.R., Bru. L. Economics: principles, problems and politics. Vol. 1: trans. from English. Moscow: REPUBLIC — REPUBLIC, 1992, 400 p. (In Russ.).
2. Marshall A. Principles of economic science. Vol. 1: trans. from English. Moscow: PROGRESS — PROGRESS, 1993, 416 p. (In Russ.).
3. Monden J. “Toyotas”: methods of effective management: trans. from English. Moscow: ECONOMICS — ECONOMICS, 1989, 288 p. (In Russ.).
4. Stevenson V.D. Production management: trans. from English. Moscow, BINOM — BINOM, 1999, 928 p. (In Russ.).
5. Kushnir A.B. Characteristics of a creative work in its valuation. *Bulletin of the research Institute of Labour*, 2010, no. 23 (34), pp. 64–66 (In Russ.).
6. Pashuto V.P. Organization, regulation and remuneration in the enterprise: training manual. Moscow: KNORUS — KNORUS, 2017, 318 p. (In Russ.).
7. Bukhalkov M. I. Organization and regulation of labor: textbook for universities. Moscow: INFRA-M — INFRA-M, 2016, 380 p. (In Russ.).
8. Rofe A.I. Organizaton and rationing of labor: a manual. Moscow: KNORUS — KNORUS, 2016, 224 p. (In Russ.).
9. Podolsky AG, Kosenko AA To the evaluation of the labor intensity of the development of military products. *Armament and Economics*, 2015, no. 4 (33), pp. 54–61. URL: <http://www.viek.ru>.
10. Bokov S.I., Podolsky A.G. Principles of the evaluation of the labor intensity of scientific research carried out in the interests of the development of the electronic component base. *Armament and Economics*, 2015, no. 1 (30), pp. 84–93. URL: <http://www.viek.ru>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Геннадьевич Подольский — доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, Москва, Россия
podolskijag@mail.ru

Алексей Викторович Бабкин — старший инженер, военное представительство Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Россия
babkin.3@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Alexander G. Podolsky — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Leading Research, 46th Central Research Institute of the Ministry of Defense of the Russia Federation, Moscow, Russia
podolskijag@mail.ru

Alexey V. Babkin — Senior Engineer, Military Representative Office of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia
babkin.3@mail.ru