

Научная статья
УДК 331.108.26

Методический аппарат определения трудоемкости выполнения научно-исследовательской работы

Александр Геннадьевич Подольский, Алексей Викторович Бабкин

Аннотация. В статье изложен методический аппарат определения трудоемкости выполнения научно-исследовательской работы, основанный на ее декомпозиции на задачи (подзадачи) и работы, на учете их продолжительности, а также специализации и квалификации работников. Показана взаимосвязь интенсивности работ сотрудников подразделения с трудоемкостью выполнения исследований. Рассмотрено влияние погрешности определения трудоемкости решения научной задачи (подзадачи) на величину риска превышения плановых значений трудоемкости и продолжительности ее решения.

Ключевые слова: аналогичная работа; базовая работа; декомпозиция; научно-исследовательская работа; трудоемкость; человеческие ресурсы

Для цитирования: Подольский А.Г., Бабкин А.В. Методический аппарат определения трудоемкости выполнения научно-исследовательской работы // Вооружение и экономика. 2024. №3(69). С. 75-88.

Original article

Methodical Apparatus for the Labor Efficiency Determination of Research Work Performance

Aleksandr G. Podolskii, Aleksei V. Babkin

Abstract. The article presents a methodical apparatus for labor efficiency determination of the research work based on its tasks (subtasks) and work decomposition, taking into account their duration, and the personnel specialization and qualifications as well. The interrelation to the division researcher works intensity and the research efficiency is shown. The effect of the efficiency determination error in the course of a scientific problem (subtask) solution on the risk of the planned values exceeding of efficiency and its duration is considered.

Keywords: similar work; basic work; decomposition; research work; labor intensity; human resources

For citation: Podolskii A.G., Babkin A.V. Methodical Apparatus for the Labor Efficiency Determination of Research Work Performance. Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics. 2024;69(3): 75-88. (In Russ.).

Научно-исследовательская работа (НИР) является неотъемлемой частью жизненного цикла высокотехнологичной продукции военного и двойного назначения. В ее выполнении принимают участие большое количество специалистов в различных областях науки и техники, которые решают сложные научные и инженерные задачи, осуществляя сбор и систематизацию информации, проводя эксперименты и моделирование, а затем анализируют их результаты.

При формировании плановых документов осуществляется обоснование потребных затрат на НИР, величина которых в существенной степени зависит от продолжительности работ и количества трудовых ресурсов, принимающих в них участие, а следовательно, и от трудоемкости НИР. От уровня ее обоснованности зависит эффективность расходования бюджетных средств, направляемых в значительных объемах на выполнение НИР.

Так как уровень обоснования прогнозной цены НИР зависит от качества методического аппарата, используемого для определения трудоемкости, то его совершенствованию уделяется постоянное внимание. В публикациях, посвященных указанной тематике, изложены различные методические аспекты прогнозирования трудоемкости НИР, выполняемых в интересах формирования плановых документов [1; 2], подготовки научных и инженерных кадров [3], а также оптимизации численности персонала организации [4-6], которая непосредственно влияет на ее величину.

В то же время разработке методического аппарата, который бы в условиях отсутствия полной и достоверной информации о всех работах, которые должны быть выполнены в ходе НИР, в том числе состава и продолжительности их выполнения, количества привлекаемых сотрудников, их специализации и квалификации, что характерно для НИР, выполняемых в интересах создания образцов на новых физических принципах, а также для НИР, включаемых в среднесрочные и долгосрочные плановые документы, уделяется недостаточное внимание.

Важнейшую роль в выполнении НИР играет человеческий фактор, что проявляется в том, что создание качественной научной продукции в существенной степени зависит не только от творческих возможностей работников, но и от накопленных ими при решении научных задач знаний и умений, а также от способности регулировать свой трудовой процесс, что выражается в увеличении на определенных отрезках времени интенсивности труда в зависимости от достигнутых на текущее время результатов и установленного техническим заданием срока выполнения НИР (этапа НИР) с целью обеспечения планового значения трудоемкости выполнения НИР.

Следует также отметить, что в ходе выполнения НИР по созданию сложных технических систем военного назначения решается большое количество научно-технических задач, зачастую носящих уникальный характер. Их значительное количество и сложность не позволяют достоверно спланировать трудоемкость решения таких задач, что приводит к возникновению погрешности в ее оценке. Следовательно, возникает неопределенность в оценке трудоемкости выполнения как отдельных работ, так и НИР в целом.

В этих условиях для принятия обоснованных плановых решений по трудоемкости работ, которые непосредственно влияют на сроки выполнения этапов НИР и НИР в целом, необходимо учесть вероятностный характер трудоемкости, а, следовательно, значение риска превышения запланированного срока выполнения НИР (этапа НИР) и возможность его парирования посредством увеличения интенсивности труда. Указанный аспект не нашел отражения в существующих публикациях, в том числе в Методических рекомендациях по формированию начальной цены государственного контракта при размещении государственного оборонного заказа путем проведения торгов, утвержденных в 2008 году начальником вооружения Вооруженных Сил РФ – заместителем Министра обороны РФ (далее – Методические рекомендации).

Методический аппарат оценки трудоемкости НИР, изложенный в указанных Методических рекомендациях, включает несколько подходов. В первом подходе определение трудоемкости планируемой НИР осуществляется путем перемножения трудоемкости выполнения базовой НИР и коэффициента, характеризующего соотношение уровней сложности базовой и планируемой НИР. Указанный коэффициент определяется на основе сравнительного анализа решаемых в них задач с использованием процедуры экспертных оценок.

Данный подход характеризуется значительной погрешностью, так как он не учитывает специфику решаемых научных задач и выполняемых для их решения работ, особенно связанных с созданием образцов на новых физических принципах. Кроме того, может существенно отличаться состав работ, выполняемых в базовой и планируемой НИР, используемые при этом материально-техническое и программное обеспечение, а также моделирующие комплексы.

Во втором подходе коэффициент, характеризующий соотношение уровней сложности базовой и планируемой НИР, определяется путем использования формулы, в которой осуществляется перемножение отношений частных коэффициентов новизны, масштаба (количества) привлечения организаций и количества решаемых задач. Значения указанных коэффициентов для планируемой и базовой НИР определяются по соответствующим таблицам.

Так же, как и первый подход, указанный подход обладает значительной погрешностью, так как, во-первых, простое сопоставление количества решаемых в планируемой и базовой НИР задач без учета их специфики, результат которого входит в формулу для оценки коэффициента сложности в виде сомножителя, может привести к необоснованному значительному завышению или занижению прогнозной трудоемкости НИР.

Во-вторых, сопоставление количества организаций, участвующих в выполнении планируемой и базовой НИР, без учета особенностей выполняемых ими работ может привести к неадекватной прогнозной оценке трудоемкости, результат которого входит в формулу для оценки коэффициента сложности также в виде сомножителя.

В-третьих, использование в качестве оценок новизны планируемой и базовой НИР фиксированных для всех НИР коэффициентов не может объективно отразить масштаб новизны, а, следовательно, те сложности, которые могут возникнуть при решении научных задач в конкретной (планируемой) НИР. Кроме того, невозможно до начала выполнения НИР достоверно утверждать, что для качественного выполнения НИР будет достаточно применение уже известных методов, а также теоретических и методологических положений, или потребуются их новая разработка (доработка).

Схожие по сути недостатки имеют и другие методические подходы, изложенные в указанных Методических рекомендациях. Указанные недостатки делают возможным применение изложенного в них методического аппарата, когда отсутствуют исходные данные для применения иных подходов, в том числе предлагаемых в данной статье, предусматривающих, во-первых, структуризацию НИР на подзадачи различного уровня и на работы, которые необходимо выполнить для их решения, во-вторых, выбор базовой работы в соответствии с четко сформулированными условиями, выполнение которых способствует повышению обоснованности трудоемкости выполнения НИР, в-третьих, учет состава трудового коллектива для выполнения базовой работы и уровня квалификации входящих в него работников, а также учет долевого распределения затрат между задачами (подзадачами) нижнего уровня декомпозиции НИР.

Изложенное делает необходимым дальнейшее совершенствование существующего методического аппарата в области определения трудоемкости выполнения НИР.

В то же время в существующих публикациях недостаточно проработаны влияние интенсивности работ на трудоемкость выполнения НИР и взаимосвязь погрешности ее прогнозирования с величиной риска превышения прогнозного значения трудоемкости. Отмеченные недостатки негативно отражаются на обоснованности трудоемкости выполнения планируемой НИР.

Это обуславливает актуальность и новизну изложенного в статье методического аппарата оценки трудоемкости выполнения НИР, который для обеспечения его практической направленности предусматривает возможность использования сокращенного состава исходных данных, позволяющего тем не менее учесть основные особенности выполнения входящих в нее работ. Рассмотрим его суть и содержание.

В ходе выполнения НИР решается в общем случае несколько задач, имеющих важное значение для обеспечения военной и экономической безопасности Российской Федерации. Для учета специфики выполнения НИР при прогнозировании ее трудоемкости она декомпозируется не только на задачи, но и на подзадачи различного уровня, а также на работы, в которых участвуют один или более работников. Пример указанной декомпозиции, включающей 1-6 уровни, показан на рисунке 1.

В том случае, когда процесс выполнения работы может быть разбит на составные части (операции), отличающиеся продолжительностью и количеством привлекаемых работников, имеющих различную специализацию и квалификацию, декомпозиция включает дополнительные уровни, например, 5 и 6, показанные на рисунке 1, на которых расположены составные части соответствующих видов работ.

Формирование уровней 5 и 6 целесообразно только в том случае, если имеется информация о содержании составных частей работ, достаточная для обоснования трудоемкости. В противном случае это может привести к значительной погрешности в определении трудоемкости.

После того как проведен качественный анализ процесса создания научной продукции и осуществлена декомпозиция НИР реализуется процедура, состоящая в определении долевого распределения затрат человеческих ресурсов на выполнение отдельных видов работ для решения каждой задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР.

Указанная процедура осуществляется в том случае, когда, во-первых, в НИР принимает участие значительное количество работников, что характерно для создания сложной высокотехнологичной продукции, и достоверное определение роли и вклада каждого работника в выполнение всех работ не представляется возможным, в особенности, если они должны обладать различной специализацией и квалификацией, во-вторых, требуется осуществить верификацию прогнозных оценок трудоемкости на предмет наличия в них значительной погрешности, которая снижает эффективность использования не только трудовых, но и финансовых ресурсов.

Предлагаемый подход не противоречит и не исключает применения традиционного подхода к определению трудоемкости НИР (при наличии соответствующих исходных данных), основанного на учете количества работников, участвующих в ее выполнении, и продолжительности затрачиваемого рабочего времени на выполнение каждой работы для решения всех задач в НИР, а логично дополняет его, обеспечивая получение обоснованных и адекватных прогнозных оценок трудоемкости НИР в условиях малого объема исходных данных или для проведения верификации прогнозных оценок.

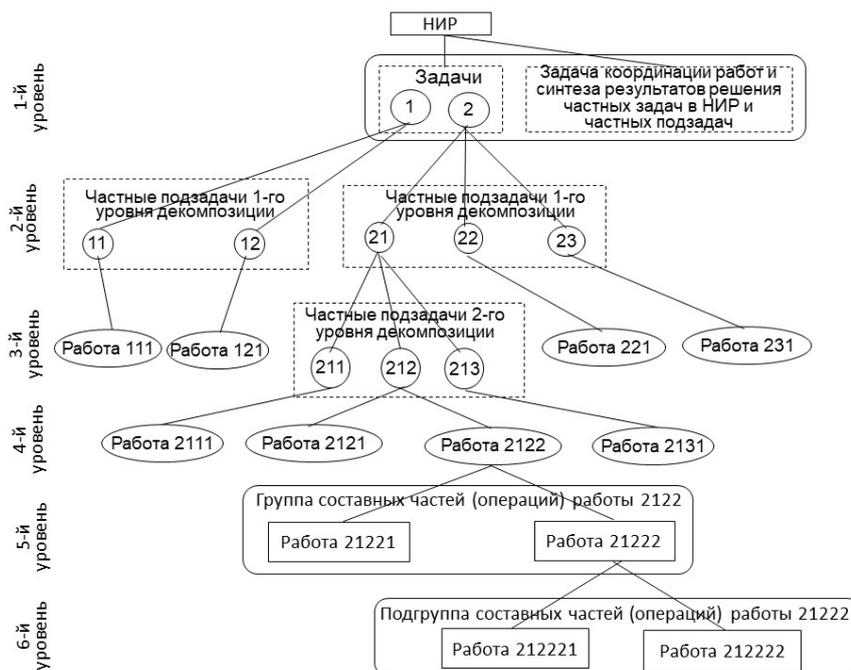


Рисунок 1 – Декомпозиция НИР

Результатом долевого распределения трудоемкости по работам являются значения показателей $a_{ДЗЧР_{ik}}$, $k = \overline{1, N_{ВР_i}}$, которые удовлетворяют условию:

$$\sum_{k=1}^{N_{ВР_i}} a_{ДЗЧР_{ik}} = 1,$$

где: $N_{ВР_i}$ – количество видов работ, которые должны быть выполнены для решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР;

$a_{ДЗЧР_{ik}}$ – доля затрат человеческих ресурсов, которые планируется выделить на выполнение k -й работы, в общем объеме затрат человеческих ресурсов, направляемых на решение i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, $0 < a_{ДЗЧР_{ik}} \leq 1$.

Значения показателей $a_{ДЗЧР_{ik}}$, $k = \overline{1, N_{ВР_i}}$, определяются для каждой работы на основе результатов комплексного анализа сути всех работ, выполнение которых необходимо для решения i -й задачи (подзадачи), а также учета распределения трудозатрат между ранее выполненными работами в НИР, относящихся к одной предметной области с планируемой НИР.

Обозначим $\Omega_{ВР_i}$ множество видов работ, которые планируется выполнить для решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР. Среди работ из множества $\Omega_{ВР_i}$ выбираем работу (назовем ее базовой), для которой среди завершенных работ может быть найдена работа (назовем ее аналогичной), являющаяся наиболее близкой к ней в рассматриваемой предметной области по сути и составу используемых методических подходов, а также применяемого теоретического аппарата.

Для задач (подзадач) нижнего уровня декомпозиции, для решения которых выполняются единственные работы, такие работы условно считаются базовыми. Кроме того, при выборе базовой работы целесообразно, чтобы на ее выполнение требовалось близкое к среднему значение трудоемкости среди всех работ, которые необходимо выполнить для решения определенной задачи (подзадачи). Это позволит более точно отразить различие в затратах труда (в относительных единицах) между «базовой» работой и другими работами, для выполнения которых требуется меньше или больше трудовых ресурсов. Применение такого подхода обусловлено ограниченными возможностями человека по одновременному учету особенностей нескольких сравниваемых работ. При его реализации осуществляется сравнение не всех работ между собой, а

примерно в два раза меньшего числа – только работ, трудоемкость выполнения которых либо меньше трудоемкости базовой работы, либо больше ее.

Реализация на практике изложенного подхода будет способствовать минимизации погрешности прогнозирования трудоемкости выполнения не только базовой работы, но и остальных работ из множества Ω_{BP_i} , для формирования прогнозных оценок трудоемкости выполнения которых используется трудоемкость выполнения базовой работы.

Обозначим долю трудоемкости выполнения базовой работы в общей трудоемкости работ по решению i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР $a_{ДЗЧР_i}^B$, а фактические трудозатраты на выполнение аналогичной работы, которая является наиболее близкой к ней по сути и составу используемых методических подходов, а также применяемого теоретического аппарата – T_i^A .

В общем случае значение трудоемкости выполнения базовой работы T_i^B может отличаться от трудозатрат на выполнение аналогичной работы T_i^A в силу присущих каждой из них особенностей выполнения. В то же время так как для базовой работы среди уже выполненных работ выбирается наиболее близкая к ней по сути и составу используемых методических подходов и теоретического аппарата аналогичная работа, то расхождение между значениями трудоемкости их выполнения должно быть минимальным по сравнению с другими парами планируемых и соответствующих им завершенных работ, что способствует снижению погрешности прогнозирования трудоемкости планируемых работ.

Для формирования прогнозной оценки трудоемкости выполнения базовой работы могут быть использованы несколько методических подходов.

Первый подход применяется в том случае, когда существующий трудовой коллектив по составу и количеству входящих в него специалистов не может обеспечить качественное выполнение новых работ для решения i -й задачи (подзадачи) и требует учета, во-первых, изменения как количества работников, так и их специализации и уровня квалификации, например, для создания продукции на новых физических принципах, во-вторых, различного времени их работы.

В этом случае исходя из сути планируемой базовой работы формируются группы специалистов, имеющих одинаковую специализацию.

Если в какой-либо группе продолжительности работы специалистов в базовой НИР различаются, то формируются подгруппы специалистов, внутри которых продолжительности их работы приблизительно одинаковы.

Используя результаты формирования групп и подгрупп специалистов, получаем формулу для определения трудоемкости выполнения базовой работы, проводимой в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР:

$$T_i^B = \sum_{d=1}^{N_{ГС_i}} \sum_{s=1}^{N_{ПС_{id}}} (Q_{ids}^B + Q_{KH_{ids}}^B + Q_{ДН_{ids}}^B) \Delta t_{ids}^B (Q_{ids}^B, Q_{KH_{ids}}^B, Q_{ДН_{ids}}^B), \quad (1)$$

где: $N_{ГС_i}$ – количество групп специалистов, имеющих различную специализацию и участвующих в выполнении базовой работы, осуществляемой в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР;

$N_{ПС_{id}}$ – количество подгрупп специалистов, входящих в d -ю группу, в каждой из которых работы, выполняемые в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, продолжают приблизительно одинаковое время;

Q_{ids}^B – количество работников в s -й подгруппе d -й группы, выполняющих базовую работу в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, не являющихся кандидатами и докторами наук;

$Q_{KH_{ids}}^B$ – количество работников, входящих в s -ю подгруппу d -й группы и имеющих ученую степень кандидата наук, выполняющих базовую работу в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР;

$Q_{ДН_{ids}}^B$ – количество работников, входящих в s -ю подгруппу d -й группы и имеющих ученую степень доктора наук, выполняющих базовую работу в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР;

$\Delta t_{ids}^B(Q_{ids}^B, Q_{KHids}^B, Q_{ДНids}^B)$ – продолжительность отрезка времени, на котором работники s -й подгруппы d -й группы выполняют базовую работу в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, зависящая от количества и квалификации сотрудников.

Учет в формуле (1) уровня квалификации работников и их специализации повышает точность прогнозирования трудоемкости решения не только базовой работы, выполняемой в интересах решения i -й задачи (подзадачи), но и обеспечивает адекватность оценки трудоемкости выполнения других работ, при определении трудоемкости которых, как будет показано далее, учитывается трудоемкость базовой работы.

Кроме того, варьируя значения количества сотрудников различной квалификации и специализации, можно в общем случае изменить продолжительность решения i -й задачи (подзадачи) и найти такой вариант структуры трудового коллектива, который обеспечивает минимум затрат трудовых ресурсов на решение i -й задачи (подзадачи).

Если значения показателей Q_{ids}^B , Q_{KHids}^B и $Q_{ДНids}^B$ обосновать не представляется возможным, то для определения трудоемкости реализации базовой работы, выполняемой в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, применяется формула:

$$T_i^B = \sum_{d=1}^{N_{ГCi}} \sum_{s=1}^{N_{ПCid}} Q_{0ids}^B \Delta t_{ids}^B(Q_{0ids}^B), \quad (2)$$

где: Q_{0ids}^B – общее количество всех работников в s -й подгруппе d -й группы, выполняющих базовую работу в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР; $\Delta t_{ids}^B(Q_{0ids}^B)$ – продолжительность отрезка времени, на котором работники s -й подгруппы d -й группы выполняют базовую работу в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, зависящая от количества сотрудников.

Варьируя количество и квалификацию работников, направляемых на решение i -й задачи (подзадачи), и определяя соответствующую продолжительность ее решения, можно найти такое значение количества работников, которое обеспечит минимум трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи), что, в свою очередь, способствует минимизации трудоемкости выполнения НИР.

Для нахождения трудоемкости выполнения k -й работы из множества $\Omega_{ВРi}$ на основе трудоемкости выполнения базовой работы применяется формула:

$$T_{ik} = T_i^B \frac{a_{ДЗЧРik}^B}{a_{ДЗЧРi}^B}. \quad (3)$$

Подставляя формулы (1) и (2) в формулу (3), получаем аналитические выражения для определения трудоемкости выполнения k -й работы в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, когда для оценки трудоемкости выполнения базовой работы используется первый подход:

$$T_{ik} = \frac{a_{ДЗЧРik}^B}{a_{ДЗЧРi}^B} \sum_{d=1}^{N_{ГCi}} \sum_{s=1}^{N_{ПCid}} (Q_{ids}^B + Q_{KHids}^B + Q_{ДНids}^B) \Delta t_{ids}^B(Q_{ids}^B, Q_{KHids}^B, Q_{ДНids}^B), \quad (4)$$

$$T_{ik} = \frac{a_{ДЗЧРik}^B}{a_{ДЗЧРi}^B} \sum_{d=1}^{N_{ГCi}} \sum_{s=1}^{N_{ПCid}} Q_{0ids}^B \Delta t_{ids}^B(Q_{0ids}^B). \quad (5)$$

Второй подход для оценки трудоемкости выполнения базовой работы применяется в случае, когда трудовой коллектив, выполнявший аналогичную работу, не требует изменения специализации его сотрудников, состава работников различной квалификации, количества входящих в него работников и учета различного времени их работы над решением i -й задачи (подзадачи).

В этом случае корректировка трудоемкости аналогичной работы при переходе к базовой работе состоит только в учете изменения продолжительности ее выполнения всем трудовым коллективом либо в меньшую сторону, если имеет место совершенствование

информационно-аналитического, программного и технического обеспечения исследований, а также сокращение числа испытаний и их длительности, использование искусственного интеллекта, развитие методического аппарата и моделирующих комплексов, либо в большую сторону, если требуется увеличение объема собираемой и анализируемой информации, увеличение количества и/или длительности испытаний, а также усовершенствование (разработка нового) методического обеспечения (теоретической базы).

Для оценки корректирующего коэффициента K_{Ki}^B вся совокупность операций, выполняемых в аналогичной работе в интересах решения i -й задачи (подзадачи), условно принимается за 100 % и разбивается на три группы работ:

1-я группа – совокупность операций, выполняемых в аналогичной работе, продолжительность которых не изменяется при переходе к базовой работе;

2-я группа – совокупность операций, выполняемых в аналогичной работе, продолжительность которых снижается при переходе к базовой работе;

3-я группа – совокупность операций, выполняемых в аналогичной работе, продолжительность которых повышается при переходе к базовой работе.

2-я и 3-я группы операций делятся на подгруппы, в каждую из которых входят операции, имеющие приблизительно одинаковый рост (снижение).

Введем следующие обозначения для количества таких подгрупп:

$N_{ПОВ}$ – количество подгрупп операций, продолжительность выполнения каждой из которых выросла в одинаковое количество раз при переходе от аналогичной работы к базовой;

$N_{ПОС}$ – количество подгрупп операций, продолжительность выполнения каждой из которых сократилась в одинаковое количество раз при переходе от аналогичной работы к базовой.

С учетом введенных групп и подгрупп операций формула для определения корректирующего коэффициента K_{Ki}^B принимает вид:

$$K_{Ki}^B = \sum_{r=1}^{N_{ПОВ}} \rho_{ДОВ_{ir}}^A (K_{ОВ_{ir}}^A) K_{ОВ_{ir}}^A + \sum_{s=1}^{N_{ПОС}} \rho_{ДОС_{is}}^A (K_{ОС_{is}}^A) K_{ОС_{is}}^A,$$

где: $\rho_{ДОВ_{ir}}^A (K_{ОВ_{ir}}^A)$ – доля трудоемкости выполнения операций в общей трудоемкости выполнения аналогичной работы, продолжительность которых выросла в $K_{ОВ_{ir}}^A$ раз при переходе к базовой работе;

$K_{ОВ_{ir}}^A$ – показатель, характеризующий во сколько раз выросла трудоемкость выполнения операций, принадлежащих r -й подгруппе, при переходе к идентичным операциям в базовой работе;

$\rho_{ДОС_{is}}^A (K_{ОС_{is}}^A)$ – доля трудоемкости выполнения операций в общей трудоемкости выполнения аналогичной работы, продолжительность которых снизилась в $K_{ОС_{is}}^A$ раз при переходе к базовой работе;

$K_{ОС_{is}}^A$ – показатель, характеризующий во сколько раз снизилась трудоемкость выполнения операций, принадлежащих s -й подгруппе, при переходе к идентичным операциям в базовой работе.

Если значения показателей $\rho_{ДОВ_{ir}}^A (K_{ОВ_{ir}}^A)$, $\rho_{ДОС_{is}}^A (K_{ОС_{is}}^A)$, $K_{ОВ_{ir}}^A$ и $K_{ОС_{is}}^A$ отсутствуют, то для определения трудоемкости выполнения базовой работы, осуществляемой в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР, принимает вид:

$$T_i^B = K_{Ki}^B T_i^A, \quad (6)$$

где K_{Ki}^B – корректирующий коэффициент, характеризующий изменение продолжительности выполнения аналогичной работы при переходе к базовой работе, выполняемой в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР.

Величина корректирующего коэффициента K_{Ki}^B оценивается экспертным способом.

Значение показателя T_i^A должно пройти проверку на отсутствие при его формировании нецелевого использования трудовых ресурсов и наступления форс-мажорных событий, имеющих незначительную вероятность наступления, но приводящих к существенному возрастанию трудоемкости выполнения работ. При выявлении нецелевого расходования трудовых ресурсов и (или) наступления форс-мажорных событий трудоемкость выполнения аналогичной работы должна быть сокращена на соответствующую величину.

Подставляя формулу (6) в формулу (3), получаем аналитическое выражение для определения трудоемкости выполнения k -й работы в интересах решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР:

$$T_{ik} = T_i^A K_{Ki}^B \frac{a_{ДЗЧР_{ik}}}{a_{ДЗЧР_i}^B}. \quad (7)$$

Точность оценки трудоемкости выполнения k -й работы по формулам (4), (5) и (7) в существенной степени зависит от того, насколько близко значения показателей Q_{ids}^B , $Q_{KH_{ids}}^B$, $Q_{ДН_{ids}}^B$, $Q_{O_{ids}}^B$, $\Delta t_{ids}^B(Q_{ids}^B, Q_{KH_{ids}}^B, Q_{ДН_{ids}}^B)$, $\Delta t_{ids}^B(Q_{O_{ids}}^B)$, $d = \overline{1, N_{Гс}}$, $s = \overline{1, N_{Пс_{id}}}$ и K_{Ki}^B расположены к их истинным значениям.

Под истинными значениями указанных показателей понимаются такие значения, которые соответствуют целевому использованию трудовых ресурсов, укомплектованности трудового коллектива необходимыми для выполнения k -й работы специалистами, адекватной оценке продолжительности выполнения работ и отсутствию форс-мажорных событий.

Суммарная трудоемкость решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции НИР определяется по формуле:

$$T_{1i} = \sum_{k=1}^{N_{BP_i}} T_{ik}.$$

При определении трудоемкости выполнения НИР необходимо учитывать, что помимо решения частных задач (подзадач) нижнего уровня декомпозиции НИР, для ее качественного выполнения осуществляются работы координирующего характера, а также работы по синтезу полученных результатов.

Исходя из этого, трудоемкость выполнения НИР определяется по формуле:

$$T_{НИР} = \sum_{i=1}^{N_3} T_{1i} + T_{КС},$$

где: N_3 – количество задач (подзадач) нижнего уровня декомпозиции НИР, не связанных с координацией работ и синтезом полученных результатов;

$T_{КС}$ – трудоемкость работ координирующего характера, а также работ по синтезу полученных результатов.

Для определения значения показателя $T_{КС}$ используется один из выше изложенных подходов к определению трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи). Если необходимые для этого исходные данные отсутствуют, то для определения трудоемкости выполнения НИР используется формула:

$$T_{НИР} = (1 + a_{КС}) \sum_{i=1}^{N_3} T_{1i},$$

где $a_{КС}$ – доля трудоемкости работ координирующего характера, а также работ по синтезу полученных результатов решения частных задач (подзадач) нижнего уровня декомпозиции НИР, в суммарной трудоемкости решения всех задач (подзадач), $a_{КС} > 0$.

Применение изложенного методического аппарата к определению трудоемкости выполнения НИР требует значительно меньшего времени для формирования прогнозных оценок и сбора необходимых для этого исходных данных по сравнению с подходом, основанным на знании продолжительности всех работ, выполняемых в НИР, и составе работников, принимающих в них участие, которые при долгосрочном и даже среднесрочном прогнозировании обладают значительной неопределенностью, что негативно отражается на достоверности прогнозных оценок.

Учитывая важность обеспечения адекватности оценки трудоемкости выполнения базовой работы, которая затем используется для определения по формуле (3) трудоемкости выполнения иных работ, а также для проверки адекватности значений трудоемкости выполнения всех работ в интересах решения i -й задачи (подзадачи), реализуется процедура, которая состоит в следующем.

Осуществляется поиск другой базовой работы и соответствующей ей аналогичной работы, выполненной в одной с ней предметной области. Затем для оценки трудоемкости осуществления всех работ, выполнение которых необходимо для решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции, в зависимости от состава имеющихся исходных данных применяется одна из формул – (4), (5) или (7). Полученные прогнозные оценки суммируются для нахождения трудоемкости решения указанной задачи – T_{2i} .

Таким образом, получены две оценки трудоемкости выполнения всех работ, необходимых для решения i -й задачи (подзадачи) нижнего уровня декомпозиции:

T_{1i} – для случая первоначального выбора базовой работы;

T_{2i} – для случая вторичного выбора базовой работы.

Предположим, что показатели, входящие в формулы (4), (5) и (7), не содержат грубых, субъективных и систематических погрешностей, то есть адекватно отражают процесс формирования трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи). В этом случае расхождение между показателями T_{1i} и T_{2i} , являющимися оценками одного и того же истинного значения, обусловлено случайными погрешностями показателей, входящих в формулы (4), (5) и (7). Поэтому значения показателей T_{1i} и T_{2i} следует рассматривать как случайные величины, которые не содержат грубые, субъективные и систематические погрешности.

Тогда значительное расхождение между значениями показателей T_{1i} и T_{2i} маловероятно и величина их относительного расхождения может быть использована для оценки адекватности прогнозного значения трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) T_{1i} .

Относительное расхождение значений указанных показателей трудоемкости определяется по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{|T_{1i} - T_{2i}|}{T_{1i}}.$$

Незначительное расхождение между оценками трудоемкости, полученными на основе различных базовых работ, позволяет сделать вывод, что значение показателя T_{1i} адекватно отражает трудоемкость решения i -й задачи (подзадачи). Если же значения показателей T_{1i} и T_{2i} значительно отличаются, например, на более, чем 30 %, то есть $\varepsilon_i \geq 30\%$, то целесообразно провести проверку обоснованности показателей, входящих в формулу, используемую для определения трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) – T_{1i} .

Предположим, что оценка T_{1i} адекватно отражает трудоемкость решения i -й задачи (подзадачи). В дальнейшем в указанном показателе индекс «1» опускается, так как он перестает носить смысловой характер.

Истинное значение трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) может быть как меньше, так и больше прогнозного значения трудоемкости, определенного с применением изложенного выше методического аппарата.

Предположим, что трудоемкость решения i -й задачи (подзадачи) подчиняется приблизительно нормальному закону распределения. Корректность данного предположения основана на том, что трудоемкость решения i -й задачи (подзадачи) может быть представлена как сумма большого количества независимых и незначительных по трудоемкости работ, ни одна из которых не являются доминирующей.

Согласно теореме А.Ляпунова, если случайная величина ξ представляет собой сумму очень большого числа взаимно независимых случайных величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$, влияние каждой из которых на всю сумму ничтожно мало, то величина ξ имеет распределение, близкое к нормальному [7].

Для нахождения среднего квадратического отклонения трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) воспользуемся методом трех сигм. Для этого определяется величина относительного отклонения, выход за пределы которого можно считать практически невозможным событием. Указанное отклонение, определенное экспертным способом, обозначим ε_i^{max} , %.

Тогда среднее квадратическое отклонение трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) определяется по формуле:

$$\sigma_i = \frac{T_i \varepsilon_i^{max}}{300}.$$

Нахождение указанного статистического параметра и сделанное предположение о приблизительно нормальном законе распределения прогнозного значения трудоемкости позволяет сформировать доверительный интервал, который с заданной вероятностью покрывает истинное значение трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи):

$$\left(T_i - \mu_{1-\frac{p}{2}} \sigma_i, T_i + \mu_{1-\frac{p}{2}} \sigma_i \right),$$

где $\mu_{1-\frac{p}{2}}$ – квантиль стандартного нормального распределения, соответствующий уровню значимости p .

Важной особенностью научной деятельности является то, что она может выполняться с различной интенсивностью. Иными словами, фиксированный объем научных работ, выполнение которых при нормальной их интенсивности осуществляется работником (трудовым коллективом) за время t и требует трудозатрат T , при увеличении интенсивности труда работника (трудового коллектива) может быть выполнен за меньшее время $t - \Delta t$, которому соответствуют меньшие трудозатраты $T - \Delta T$.

Под нормальной интенсивностью работы понимается такая интенсивность, при которой работник использует рабочее время по целевому назначению и сохраняет высокую работоспособность длительное время, а также не наносится вред его здоровью.

Следует иметь в виду, что повышение интенсивности работы сверх нормального уровня, может носить только временный характер, а следовательно, величина возможного сокращения трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) ограничена.

Будем характеризовать максимально возможную относительную величину сокращения трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) показателем ε_{CT_i} , %.

Таким образом, если в процессе решения i -й задачи (подзадачи) будет выявлена недостаточность запланированной трудоемкости ее решения и прогнозная оценка увеличения трудоемкости при нормальной интенсивности работ составит ΔT_{yT_i} относительно планового значения T_i , то за счет возрастания интенсивности труда работника (трудового коллектива) трудоемкость решения i -й задачи (подзадачи) может быть сокращена на величину не более $T_i \frac{\varepsilon_{CT_i}}{100}$. Иными словами, если выполняется неравенство:

$$\Delta T_{yT_i} \leq T_i \frac{\varepsilon_{CT_i}}{100},$$

то общее время решения i -й задачи (подзадачи) не превысит планового значения.

В противном случае будет иметь место увеличение продолжительности решения i -й задачи (подзадачи) относительно планового значения, величина которой приближенно определяется по формуле:

$$\Delta t_i = \frac{\left(\Delta T_{yT_i} - T_i \frac{\varepsilon_{CT_i}}{100} \right)}{Q_i},$$

где Q_i – средневзвешенное во времени количество работников в трудовом коллективе, занятых решением i -й задачи (подзадачи).

Значение показателя Q_i определяется по формуле:

$$Q_i = \sum_{r=1}^{N_{P_i}} \frac{\Delta t_{P_{ir}}}{t_i},$$

где: N_{P_i} – количество работников, участвующих в решении i -й задачи (подзадачи);

$\Delta t_{P_{ir}}$ – продолжительность участия r -го работника в решении i -й задачи (подзадачи),

$0 < \Delta t_{P_{ir}} \leq t_i$;

t_i – плановая продолжительность решения i -й задачи (подзадачи).

Зная среднее квадратическое отклонение прогнозной трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) σ_i , ее прогнозную оценку T_i и значение максимально возможной трудоемкости, на которую может быть сокращена общая трудоемкость решения i -й задачи (подзадачи), определяемая по формуле:

$$\Delta T_{\text{МСТ}_i} = T_i \frac{\varepsilon_{\text{СТ}_i}}{100}, \tag{8}$$

оценивается вероятность наступления события, состоящего в превышении фактическим значением трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) заданного значения $T_i + \Delta T_i$.

В аналитическом виде вероятность наступления указанного события записывается в следующем виде:

$$P_{\text{МИ}_i}(T_{\Phi_i} > T_i + \Delta T_i) = P_{\text{НИ}_i}(T_{\Phi_i} > T_i + \Delta T_i + \Delta T_{\text{МСТ}_i}),$$

где: $P_{\text{МИ}_i}(T_{\Phi_i} > T_i + \Delta T_i)$ – вероятность превышения фактическим значением трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) T_{Φ_i} значения $T_i + \Delta T_i$ при условии, что интенсивность труда работников будет максимально повышена;

$P_{\text{НИ}_i}(T_{\Phi_i} > T_i + \Delta T_i + \Delta T_{\text{МСТ}_i})$ – вероятность превышения фактическим значением трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) T_{Φ_i} значения $T_i + \Delta T_i + \Delta T_{\text{МСТ}_i}$ при условии нормальной интенсивности труда работников.

Рисунок 2 иллюстрирует формирование вероятности превышения трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) значения $T_i + \Delta T_i$ при условии возможности увеличения интенсивности труда работников выше нормального уровня, приводящего к максимально возможному сокращению трудоемкости решения указанной задачи (подзадачи) на $\Delta T_{\text{МСТ}_i}$, определяемому по формуле (8).

Для оценки величины вероятности $P_{\text{МИ}_i}(T_{\Phi_i} > T_i + \Delta T_i)$ (далее для краткости записи приведенного показателя выражение в скобках опускается) первоначально определяется квантиль стандартного нормального распределения $\mu_{1-P_{\text{МИ}_i}}$, соответствующий уровню значимости $2P_{\text{МИ}_i}$ по формуле:

$$\mu_{1-P_{\text{МИ}_i}} = \frac{\Delta T_i + T_i \frac{\varepsilon_{\text{СТ}_i}}{100}}{\sigma_i}.$$

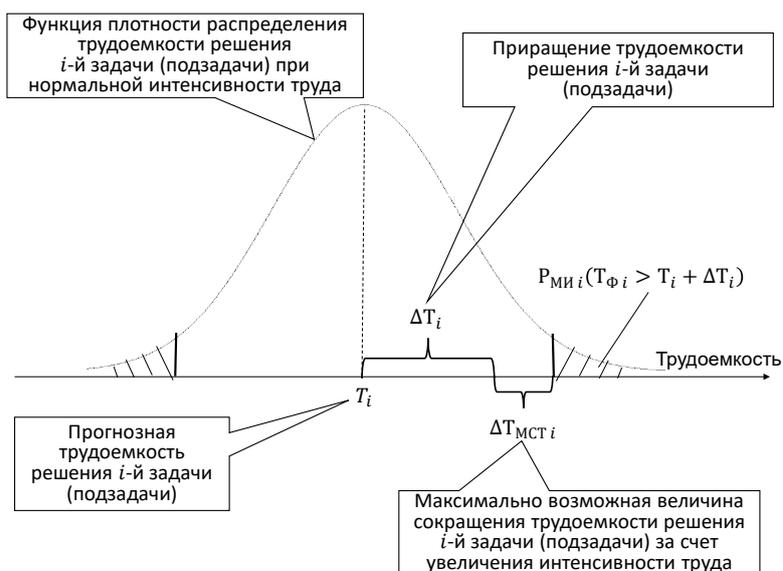


Рисунок 2 – Иллюстрация формирования вероятности превышения трудоемкости решения i -й задачи (подзадачи) значения $T_i + \Delta T_i$ при условии возможности увеличения интенсивности труда работников

Для удобства пользователя в таблице 1 приведены значения квантилей стандартного нормального распределения $\mu_{1-P_{МИi}}$ [7].

Для иллюстрации работоспособности изложенного методического аппарата рассмотрим пример.

Предположим, что в соответствии с техническим заданием требуется решить две научные задачи – «1» и «2». Анализ их сути позволил провести декомпозицию НИР на задачи и подзадачи, а также на работы, которые необходимо выполнить для их решения, представленную на рисунке 3. Для решения задачи «1» необходимо решить подзадачи «11» и «12», а для решения задачи «2» – подзадачи «21» и «22». Для подзадачи «11» требуется выполнить работу «111», для подзадачи «12» – работу «121», для подзадачи «21» – две работы «211» и «212» и для подзадачи «22» – работу «221».

На основе результатов комплексного анализа сути работ «211» и «212», выполнение которых необходимо для решения подзадачи «21», осуществлено долевое распределение затрат человеческих ресурсов между указанными работами: $a_{ДЗЧР_{211}} = 0,6$, $a_{ДЗЧР_{212}} = 0,4$.

Среди двух работ «211» и «212» выбирается базовая работа. Предположим, что такой работой является работа «211».

Применим для формирования прогнозной оценки трудоемкости выполнения базовой работы «211» первый из изложенных выше подходов.

Таблица 1 – Квантили стандартного нормального распределения $\mu_{1-P_{МИi}}$, соответствующие уровню значимости $2P_{МИi}$

$2P_{МИi}$	$\mu_{1-P_{МИi}}$	$2P_{МИi}$	$\mu_{1-P_{МИi}}$	$2P_{МИi}$	$\mu_{1-P_{МИi}}$
0,8	0,25	0,15	1,44	0,01	2,58
0,5	0,67	0,10	1,64	0,005	2,81
0,4	0,84	0,05	1,96	0,002	3,09
0,3	1,04	0,04	2,05	0,001	3,29
0,25	1,15	0,02	2,33	0,0001	3,89
0,20	1,28				

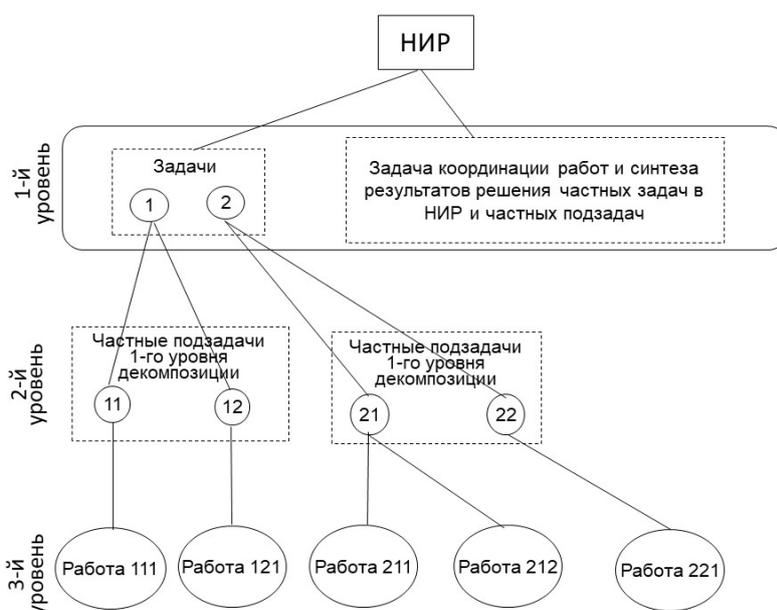


Рисунок 3 – Декомпозиция НИР

Предположим, что для выполнения базовой работы «211» требуется сформировать две группы специалистов без их деления на подгруппы. Первая группа включает одного доктора наук, одного кандидата наук и одного работника, не имеющего ученой степени. Вторая группа включает одного кандидата наук и одного работника, не имеющего ученой степени. Продолжительность выполнения работниками первой группы базовой работы составляет 5 дней, а работниками второй группой – 10 дней.

Тогда трудоемкость выполнения базовой работы «211» в интересах решения подзадачи «21» определяется по формуле:

$$T_{21}^B = 5(1 + 1 + 1) + 10(1 + 1) = 35 \text{ чел. дн.}$$

Трудоемкость выполнения работы «212» в интересах решения второй подзадачи определяется по формуле:

$$T_{212} = 35 \frac{0,4}{0,6} = 23 \text{ чел. дн.}$$

Суммарная трудоемкость решения подзадачи «21» определяется по формуле:

$$T_{21} = 35 + 23 = 58 \text{ чел. дн.}$$

Предположим, что анализ сути подзадач «11», «12» и «22» показал, что для их решения достаточно выполнить по одному виду работ – «111», «121» и «221» соответственно, продолжительностью 5 дней, в которых участвуют трудовые коллективы, имеющие однородный состав: один кандидат наук и один работник, не имеющий ученой степени. Исходя из этого трудоемкости решения подзадач «11», «12» и «22» определяются по формулам:

$$T_{11} = 5(1 + 1) = 10 \text{ чел. дн, } T_{12} = 5(1 + 1) = 10 \text{ чел. дн, } T_{22} = 5(1 + 1) = 10 \text{ чел. дн.}$$

Предположим, что, исходя из анализа ранее выполненных НИР, установлено, что средняя доля трудоемкости работ координирующего характера, а также работ по синтезу полученных результатов, в суммарной трудоемкости решения всех задач в НИР составляет 0,1.

Тогда трудоемкость выполнения НИР определяется по формуле:

$$T_{\text{НИР}} = (1 + 0,1)(58 + 10 + 10 + 10) = 97 \text{ чел. дн.}$$

Изложенный методический аппарат позволяет обосновать трудоемкость выполнения научно-исследовательской работы, основываясь на учете основных факторов, определяющих ее величину, к которым относятся состав задач (подзадач), требующих решения, перечень работ, которые необходимо выполнить на заданном отрезке времени, а также специализация и квалификация работников. Кроме того, важным для оценки возможности выполнения НИР в запланированные сроки и принятия обоснованных управляющих воздействий, состоящих в изменении интенсивности работы сотрудников подразделения, является оценка вероятности (риска) превышения заданного значения трудоемкости решения задачи. Таким образом, реализация на практике предложенного методического аппарата будет способствовать повышению эффективности использования трудовых ресурсов, привлекаемых к научным исследованиям, а следовательно, и расходованию бюджетных средств, направляемых на их выполнение.

В условиях отсутствия межведомственной методики оценки трудоемкости выполнения НИР предлагается разработать проект такой методики, которая включала бы различные методические подходы, применяемые в зависимости от состава имеющихся исходных данных и специфики НИР, в том числе изложенные в Методических рекомендациях и в данной статье.

Применение межведомственной методики позволяет обеспечить, во-первых, объективность прогнозных оценок трудоемкости выполнения НИР, во-вторых, их согласованность между заинтересованными федеральными ведомствами при использовании идентичного состава исходных данных, в-третьих, повышение обоснованности прогнозных значений стоимостных показателей НИР.

Список источников

1. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Жданенко И.В. В поисках подходов к оценке трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности: процедура оценки трудозатрат // Современные наукоемкие технологии. 2012. №2. С. 20-32.
2. Дурнев Р.А., Жданенко И.В. Оценка трудоемкости НИОКР: некоторые результаты нормирования научного труда // Современные наукоемкие технологии. 2013. №12. С. 40-48.
3. Семенченко Е.Е., Ашурбеков Р.А., Круглинский И.К. Оценка интеллектуального труда в системе подготовки кадров: проблемы классической теории и методологии: монография. М.: Проспект, 2021. 160 с.
4. Фильченков А.Н. Метод оптимизации численности персонала и расчет эквивалента полной занятости работников // Economics. 2018. №5(37). С. 25-30.
5. Шугай П.А. Анализ методов расчета и обоснования оптимальной численности персонала организации // Цифровая экономика: проблемы и перспективы развития: сб. науч. статей Межрегион. науч.-практ. конф. (г. Курск, 2019, 14-15 ноября). Курск: ЮЗГУ, 2019. С. 208-213.
6. Шапошникова О.В. Современные методы расчета оптимальной численности персонала организации // Инновационное развитие экономики: сб. науч. трудов по материалам VIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Анапа, 2019, 08 июля). Анапа: НИЦ ЭиСП, 2019. С. 52-59.
7. Пустыльник Е.Н. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 1968. 288 с.

Информация об авторах

А.Г. Подольский – доктор экономических наук, профессор, SPIN код автора 4731-0270.
А.В. Бабкин – SPIN код автора 7204-9473.