

является вольная трактовка этого понятия по отношению к исходному, заложенному еще в рамках классического научного менеджмента [7].

Чтобы ликвидировать вскрытые несоответствия в терминологии процессного подхода в рамках СМК, не ломая сложившуюся структуру терминов, введем следующую систему понятий:

- процессный подход, как первый этап системного подхода – будем называть комплексным процессным подходом;

- частная реализация первого этапа системного подхода как представление процесса в виде идентификации и взаимодействия функций и ресурсов, необходимых СМК – будем называть процессным подходом;

- частная реализация первого этапа системного подхода как представление процесса в виде ролевых функций в рамках СМК – будем называть функциональным подходом (или подходом к управлению через организационную структуру).

В такой интерпретации процессный и функциональный подходы суть части единого целого - комплексного процессного подхода. Их нельзя противопоставлять друг другу. Каждый из них определяет процесс под определенным углом зрения с помощью специфической формы представления процессов.

Вопрос лишь в том, когда и в каких случаях применять то или иное представление процесса. На наш взгляд, наиболее характерным и практически востребованным направлением классификации ситуаций применения является жизненный цикл СМК, представленный тремя основными этапами:

1 этап - создание системы;

2 этап - рутинное функционирование системы и поддержание ее в рабочем состоянии;

3 этап - анализ и совершенствование системы.

Очевидно, что процессный подход рационально использовать в ходе реализации 1 и 3 этапов жизненного цикла СМК. Действительно, прежде всего, организации должны определить

свои системы и входящие в них процессы для того, чтобы можно было четко понимать, управлять и улучшать эти системы и процессы.

Функциональный подход удобен для оперативного управления организацией. т.е. эффективен именно на 2 этапе жизненного цикла СМК. Определяется это тем, что организационная структура, как специфическая форма представления процессов с позиций ролевых функций (ответственности, полномочий, взаимоотношений, обязанностей) – наиболее естественный (привычный) инструмент управления.

В результате анализа теоретических наработок, практики применения системного подхода к формированию, поддержанию в рабочем состоянии и совершенствованию СМК нами установлены соответствия реализаций комплексного процессного подхода этапам жизненного цикла СМК, что открывает новые возможности создания, поддержания в рабочем состоянии и развития СМК организаций.

1. Сухов, С.В. Системный подход к управлению коммерческим предприятием / Менеджмент в России и за рубежом. – 2001. – № 6 [Электронный ресурс]. – 2001. – Режим доступа: <http://www.dis.ru>. – №
2. Тейлор, Ф.У. Принципы научного менеджмента / Ф.У. Тейлор; пер. с англ. А.И. Зака; под ред. и с пред. Е.А. Кочергина. – М.: Контроллинг, 1991. – Вып. 1. – 104 с.
3. Деминг, Э. Выход из кризиса: учебник / Э. Деминг. – Тверь: Альба, 1994. – 497с.
4. Серенков П.С., Курьян А.Г., Волонтей В.П. Методы менеджмента качества. Процессный подход. – научн. издание. – Минск: Новое знание; М.:ИНФРА-М, 2013. – 441 с
5. Панина О.А. Проблемы и особенности процессного подхода к управлению предприятием.
6. Репин, В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. – 408 с.
7. Оптнер С. Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Советское радио, 1969.

УДК 621.791

## КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Серенков П.С., Лесин А.С.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Широкое признание концепции неопределенности в прикладной метрологии инициировало развитие новых наукоемких подходов, методов и средств по достижению максимальной эффективности измерений, например, по критерию «точность / трудоемкость» при заданной степени доверия. Особое внимание уделяется методике

оценки суммарной неопределенности результата измерений.

Практикой применения концепции неопределенности в отношении подходов и методов сформулировано правило разумной достаточности: «цель определяет средства ее достижения». Т.е. методы и средства планирования и реализации

измерений должны отвечать требованиям пользователя. Данный факт предоставляет измерительным лабораториям широкие возможности выбора методов, повышающих эффективность измерений.

До недавнего времени основным (единственным) методом корректного оценивания неопределенности результатов измерений считался так называемый «модельный подход», изложенный в известном руководстве по выражению неопределенности измерений (GUM) [1].

Теория и практика его применения сегодня позволяет утверждать, что достоверность подхода на самом деле не гарантирована по целому ряду причин [2, 3].

В аналитических отчетах ряда международных организаций по метрологии в последние годы сделан акцент на использование «эмпирических подходов» при оценке неопределенности результата измерения как альтернативы строгому математическому моделированию [2].

Основной довод в пользу «эмпирических подходов» - значительное повышение эффективности исследования процесса измерения. В основе «эмпирических подходов» лежит достаточно тривиальная идея: полные оценки неопределенности можно получить попутно с выполнением процедур, обязательных для аккредитованной лаборатории, например, валидации методики измерений методом внутрилабораторных или межлабораторных исследований характеристик точности метода, контроля его качества посредством участия лаборатории в программах проверки квалификации (РТ) и др. [2].

В докладе приведены доказательства, что оба подхода, несмотря на различия, суть равноценные по достоверности пути исследования процесса измерений с точки зрения оценивания суммарной неопределенности результата.

Как правило, процесс измерений физической величины состоит из ряда параллельно - последовательных операций (рис. 1).

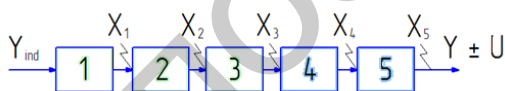


Рисунок 1 – Процесс измерения физической величины как последовательность операций

Предположим, каждая операция является источником одной входной величины, влияющей на результат измерений  $Y$ . Т.е. влияющие факторы -  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ . Очевидно, что математически корректным является следующее выражение:

$$U_c(Y) = \sqrt{\left[ (c_1 \cdot u_1)^2 + (c_2 \cdot u_2)^2 \right] + (c_3 \cdot u_3)^2} + \sqrt{[(c_4 \cdot u_4)^2 + (c_5 \cdot u_5)^2]}.$$

Такое представление можно объяснить для некоторого конкретного случая следующим образом (рис. 2).

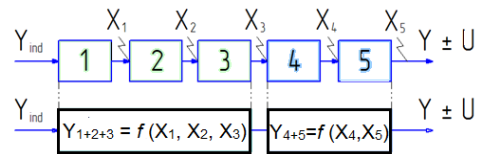


Рисунок 2 – Процесс измерения физической величины как последовательность сгруппированных операций

Результат первых трех операций (1+2+3) описывается некой функциональной зависимостью. Определена промежуточная суммарная оценка неопределенности на данном «отрезке» процесса –  $U_{1+2+3}$ . Оценка произведена, например, модельным подходом.

4-й и 5-й этапы функциональной зависимости не имеют. Промежуточная суммарная оценка неопределенности на данном «отрезке» процесса –  $U_{4+5}$ . Оценка произведена, например, эмпирическим подходом.

Результат оценивания суммарной неопределенности результата измерений имеет вид:

$$U_c(Y) = \sqrt{u_{1+2+3}^2} + \sqrt{u_{4+5}^2}.$$

Идею комбинированного подхода таким образом можно «технически» сформулировать следующим образом. В процессе оценивания неопределенности результата процесс измерения можно условно делить на «отрезки», каждый из которых можно рассматривать как самостоятельный дочерний подпроцесс. Для оценки суммарной неопределенности результата каждого подпроцесса можно применить модельный или эмпирический подход. Оценка суммарной неопределенности результата всего процесса измерений  $u_c(Y)$  производится путем комплексирования оценок суммарной неопределенности результатов всех подпроцессов («отрезков») по «закону распространения неопределенностей» GUM [3].

С практической точки зрения интерес представляют два основных случая применения комбинированного подхода:

- прямые измерения
- косвенные измерения.

Случай 1. Прямые измерения. Использование комбинированного подхода для случая прямых измерений в большинстве случаев нерационально. Исключения составляют измерения, включающие множество последовательных операций, например, в области аналитической химии.

Неопределенность результатов прямых измерений может быть оценена либо модельным, либо эмпирическим подходами.

Как правило, модель прямого измерения принимают в виде

$$Y = Y_{ind} + C_1 + C_2 + \dots + C_N,$$

где  $Y_{ind}$  – показание средства измерений,  $C_i$  – поправки (входные влияющие величины).

Очевидно, что модель измерений в таком виде не отражает физическую взаимосвязь входных величин с результатом измерений, т.е. является не строго корректной. Поэтому модельный подход, основанный на некорректной модели измерений, очевидно, будет давать искаженные оценки неопределенности результата измерений. Можно утверждать, что эмпирический подход в этой части является более «честным». В соответствии с ним, взаимосвязи устанавливаются по результатам измерительного эксперимента и поэтому имеют более объективный характер. Однако для прямых измерений модельный подход применяют достаточно часто, так как он менее затратный, а некорректность вида аддитивной модели измерений компенсируется устоявшимися взглядами на процесс измерений.

Случай 2. Косвенные измерения. Это как раз тот случай, когда для оценки неопределенности результатов измерений рационально применить комбинированный подход.

Алгоритм применения комбинированного подхода рассмотрен на примере определения плотности нефтепродуктов.

Задача оценивания неопределенности результата косвенных измерений имеет иерархический характер. На первом уровне иерархии рационально применить модельный подход. Формируется и анализируется модель косвенного измерения.

Второй уровень решения задачи оценивания неопределенности результата косвенных измерений предполагает параллельное решение самостоятельных задач оценивания неопределенностей результатов прямых измерений, входящих в состав косвенного.

Для их решения рационально применение эмпирического подхода. Результаты измеритель-

ного эксперимента обрабатываются с использованием метода дисперсионного анализа (возможно применение программного пакета STATISTICA).

Анализ полученных результатов: если остаточная ошибка меньше лабораторной составляющей неопределенности результата прямого измерения, то принятая статистическая модель измерений адекватна, оценка неопределенности результатов прямых измерений корректна, дальнейшие исследования нецелесообразны.

В противном случае модель измерений считается неадекватной. Т.е. статистическая модель прямого измерения включает не все влияющие факторы. Модель необходимо пересмотреть с учетом выявленных новых влияющих факторов. Для этих целей необходимо организовать второй углубленный этап исследований [4]. В качестве наиболее рациональных способов выявления всех факторов, влияющих на процесс измерений, можно рекомендовать экспертные методы построения причинно-следственных диаграмм по схемам SWIPE, PISMOEA [4].

После того, как получены надежные оценки неопределенности результатов прямых измерений, входящих в состав косвенного измерения, следует вернуться на первый уровень иерархии решения задачи и расчетным путем оценить неопределенность результата косвенного измерения.

1. ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).
2. EUROLAB Technical Report No. 1/2002: Measurement Uncertainty in Testing EUROLAB 2002 ([www.eurolab.org](http://www.eurolab.org)).
3. Комбинированный подход к оценке неопределенности результата измерений в рамках внутрिलाбораторного исследования МВИ/ П.С.Серенков [и др.] // Метрология и приборостроение. – Минск, 2013. – № 3. – С. 15-23.
4. ISO/TS 21748, Guide to the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation.

УДК 621.791

## КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ МЕТОДАМИ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Серенков П.С., Сацукевич А.А., Иванова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Инновационные проекты по разработке и внедрению новых материалов, технологий, изделий авто-, тракторо-, станкостроения, инструментальной промышленности, в том числе проекта по созданию адаптивных материалов и покрытий, являются, как правило, ресурсозатратными и реализуются, как известно,

позатпно. Каждый последующий этап исследований и внедрений зависит от результатов испытаний, проведенных на предыдущем этапе. Очевидна проблема повышения эффективности испытаний механических и триботехнических свойств материалов и покрытий: