

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).
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,

пэтапно. 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:

- с одной стороны, требуется достаточно высокий уровень доверия к результатам, позволяющей минимизировать риски некорректных решений в процессе исследования, анализа и прогнозирования свойств материалов и покрытий,

- с другой стороны, большое количество испытаний ставит задачу минимизации затрат на их проведение.

Значительные расходы временных, финансовых и материальных – технических ресурсов снижают ценность результатов и возможности бюджета организации по проведению полноценного комплекса исследований свойств разрабатываемых материалов или покрытий. Организация – разработчик вынуждена сворачивать комплексные испытания и принимать решения на основании неполного массива информации. Естественно возникает риск принятия некорректных решений.

Решить данную проблему возможно путем организации предварительной стадии экспресс – анализа, реализуемой методами экспертного оценивания. Способ реализации – экспертная система, позволяющая определять ориентировочный уровень стойкости покрытий образцов и значительно (в разы) сократить техническую, наиболее затратную часть испытаний (количество циклов испытаний, оборудование, условия и т.п.). Отметим, что при этом появляется возможность значительно повысить уровень доверия к результатам испытаний, например, путем увеличения количества испытаний за счет высвобождающегося резерва ресурсов.

С учетом вышесказанного можно утверждать, что разработка методологии экспертного оценивания механических и триботехнических свойств материалов и покрытий как предварительной стадии экспресс – анализа в рамках технических испытаний новых материалов и покрытий, являются актуальной и востребованной в Республике Беларусь.

Экспертные оценки – это качественные или количественные данные, основанные на информации неколичественного характера, которые могут быть получены только с помощью специалистов – экспертов.

Главным недостатком информации, получаемой экспертным путем, является ее субъективность. Различают два основных направления исследований в этой области: 1) исследования с целью создания новых методов оценивания, 2) исследования по оцениванию достоверности результатов оценивания.

Первое направление исследований. Традиционно с методами экспертного оценивания связывают научное направление – квалиметрию [1, 2]. Характерный для нее способ

повышения объективности оценки – сопоставление мнений группы экспертов. Тем не менее, даже при правильной организации групповой опрос экспертов имеет ряд недостатков. Подробно проблемы группового выбора рассмотрены в подходах и методах классической квалиметрии [1,2].

В психофизиологических исследованиях исторически сложились два принципиально различных подхода к экспертным оценкам, которые условно можно назвать объективным и субъективным.

Субъективный подход к экспертному оцениванию моделирует поведение человека принимающего решения, и возникающие в результате этого риски. Этот подход и соответствующие методы оценивания тесно связан с математической психологией. Впервые субъективный подход изложен в работах Г. Крамера и Д. Бернулли [3].

Объективный подход моделирует и решает задачу оценивания исходя из объективной модели предпочтений человека и принимаемых им решений. Реализацией данного подхода выступает теория ожидаемой полезности фон Неймана — Моргенштерна [4], применимая для случайных событий. В рамках теории применяется аксиоматический подход, который гарантирует квантификацию предпочтений, что, собственно, и позволяет построить функцию полезности. Противниками теории полезности выступают Д. Канеман и А. Тверски [5], Лумс и Сагден [6] и др.

Отдельным вопросом стоит оценивание достоверности результатов экспертного оценивания. Попытки количественно оценивать, анализировать и управлять точностью результатов экспертных оценок, используя подходы, используемые в метрологии, предпринимаются на регулярной основе [7, 8]. Венцом такого рода попыток можно считать результаты изысканий, изложенные в работе [9]. Авторы замахнулись на создание системы метрологического обеспечения экспертных измерений (МОЭИ), как полного аналога СОЕИ. Ключевой момент системы – применение аппарата теории вероятности и математической статистики, применяемого в классической метрологии, для оценки, анализа и сравнения методов экспертного оценивания.

Однако безусловное, «слепое» применение используемого в классической метрологии аппарата теории вероятности и математической статистики для оценивания достоверности экспертных оценок может привести к нарушению классических принципов и правил анализа и обработки данных, а, следовательно, к непредсказуемому снижению достоверности результатов экспертного оценивания.

Можно сделать выводы:

1. Существующие современные подходы и методы экспертного оценивания касаются главным образом психофизиологических исследований. В технической области до сих пор используются методы квалиметрии, которые сегодня уже не обеспечивают необходимого уровня достоверности.

2. Достоверность экспертных оценок - комплексная, многоаспектная задача. Результаты экспертного оценивания подвержены серьезным вариациям, имеющим как случайный, так и систематический характер. При определенных условиях организации процесса экспертного оценивания для оценки достоверности результатов можно успешно применять методы статистического анализа, используемые для аналогичных целей в классической метрологии.

Очевидна необходимость решения научно-технической проблемы повышения эффективности испытаний механических и триботехнических свойств материалов и покрытий (обеспечения необходимого уровня доверия к результатам при минимальных затратах) путем организации предварительной стадии экспресс – анализа, реализуемой методами экспертного оценивания, позволяющей минимизировать риски некорректных решений в процессе исследования, анализа и прогнозирования свойств.

В докладе приведено научное обоснование проблемы повышения эффективности испытаний механических и триботехнических свойств материалов и покрытий. Обоснована модель испытаний, отличающаяся наличием предварительной стадии экспресс – анализа, реализуемой методами экспертного оценивания. Особенность реализации модели – системный подход, предполагающий формирование системы

экспертного оценивания механических и триботехнических свойств материалов и покрытий как совокупности процессов планирования показателей оценки, обоснования методов, формирования процедуры оценивания, обработки результатов оценивания. На основе системной классификация источников потерь достоверности предложена методика формирования комплекса методов экспертного оценивания, обеспечивающая возможность рационального выбора в каждом конкретном случае.

1. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П.. О квалиметрии. – М.: Издательство стандартов, 1972. – С. 1–172.
2. Орлов А.И.. Организационно-экономическое моделирование: учебник в 3-х ч./ А.И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2009.
3. Фишберн, П. С. Теория полезности для принятия решений / П. С. Фишберн. – М. : Наука, 1978. – 352 с.
4. Нейман, Дж. фон. Теория игр и экономическое поведение / Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн. – М. : Наука, 1970. – 707 с.
5. Kahneman, D. Prospect Theory: An analysis of Decision under Risk / D. Kahneman, A. Tversky // *Econometrica*. – 1979. – No. 47. – P. 263–291.
6. Loomes, G., Sugden, R. Regret Theory: An Alternative Theory of Rational Choice under Uncertainty / G. Loomes, R. Sugden // *Economic Journal*. – 1982. – No. 92. – P. 805–824.
7. Бурков Е.А., Евграфов В.Г., Падерно П.И. Критерий согласованности парных сравнений // *Информационно-управляющие системы*. – 2011. – No. 3. – С. 57–60.
8. Портнова И. М. Совершенствование системы оценивания качества продукции : Дис. канд. техн. наук : 05.02.23 Пенза, 2005 206 с. РГБ ОД, 61:05-5/3015.
9. Хамханова Д.Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 170 с.

УДК 621.791

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Серенков П.С.¹, Романчак В.М.¹, Сацукевич А.А.¹, Басинюк В.Л.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Наибольший удельный вес в себестоимости инновационной продукции (конструкций, материалов, технологий) при ее создании и внедрении, как правило, имеют комплексные исследования с целью получения рациональных конструктивных, технологических, эксплуатационных и др. характеристик. Исследования осуществляются, как правило, экспериментальным путем, методами планирования эксперимента, которым свойственно «проклятие размерности» – большое количество экспериментов при большом количестве

факторов. А это требует значительных расходов временных, финансовых и материально – технических ресурсов, что снижает ценность результатов и возможности бюджета организации по проведению полноценного комплекса исследований свойств разрабатываемой инновационной продукции. Разработчик вынужден сворачивать комплексные испытания и принимать решения на основании неполного массива информации. Естественно возникает риск принятия некорректных решений.