

Комбинированный метод обладает преимуществами первых двух рассмотренных методов и компенсирует их недостатки.



Рисунок 6 – Организация опроса группы экспертов

По мере реализации комбинированного метода необходимо проверить согласованность мнений группы экспертов, используя статистические

критерии и осуществляя проверку в соответствии с алгоритмом, приведенным на рисунке 6.

Литература

1. Медведева И.В. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь / И.В. Медведева. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2017. – С. 506.
2. Серенков П.С. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации: учеб. пособие / П.С. Серенков [и др.]. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2014. – 256 с.
3. Спирин Н.А., Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / Спирин Н.А., Лавров В.В. // Екатеринбург, 2004 – С. 195–208.

УДК 621.791

СТРАТЕГИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ КОМПЛЕКСА ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Серенков П.С., Рудницкий Ф.И., Сацукевич А.А., Романчук В.М.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

С целью обеспечения эффективной разработки инновационных материалов и покрытий в области машиностроения с одной стороны требуется достаточно высокий уровень доверия к результатам исследований, позволяющий минимизировать риски некорректных решений. С другой стороны, разработка инновационных технологий является ресурсоемким процессом, требующим значительных финансовых вложений [1], вследствие чего возникает задача сокращения количества испытаний и минимизации затрат на их проведение.

Решить данное техническое противоречие возможно путем организации предварительной стадии эксперимента, на основе экспертных оценок, с целью поиска оптимальной области дальнейших экспериментальных исследований.

В настоящее время исследования инновационных технологий осуществляются, как правило, методами планирования эксперимента. Преимущества использования методов планирования эксперимента:

- 1) организация работы исследователя;
- 2) принятие обоснованных решений на основе обработки экспериментальных данных с помощью статистических критериев;
- 4) минимизация ошибок эксперимента за счет использования специальных проверок;
- 5) одинаковое значение дисперсии предсказанных значений отклика во всем факторном пространстве.

При планировании эксперимента реализуется процедура выбора условий проведения опытов и

их количества, необходимых и достаточных для решения задачи с поставленной точностью. То есть принятие решений в рамках теории планирования эксперимента осуществляется на основе данных полученных экспериментальным путем.

Применение экспертных оценок на основе теории планирования эксперимента в качестве альтернативы экспериментальным исследованиям позволит значительно (в разы) сократить техническую, наиболее затратную часть испытаний (оборудование, условия и т. п.).

С учетом всех выявленных особенностей была разработана стратегия эффективной разработки инновационных материалов и покрытий в области машиностроения, реализуемая в три последовательных этапа:

- Этап 1. Идентификация и формализация целей;
- Этап 2. Выбор приоритетной инновационной технологии;
- Этап 3. Проработка параметров приоритетной инновационной технологии.

В докладе подробно изложен порядок реализации первого этапа стратегии, а также приведены данные, полученные при практической апробации данного этапа на проекте НИЛ «Литейные технологии» БНТУ по выбору способа литья из быстрорежущей стали.

На первом этапе необходимо идентифицировать и сформулировать цель исследования, а также определить ее целевое значение. Виды целевых функций в соответствии с теорией Г. Тагути:

1. «Лучше всего – номинал» $\in [A_{min}; A_{max}]$.
Надо стремиться к номиналу с минимальной вариабельностью.

2. «Чем меньше – тем лучше» $A \leq [A_{max}]$.
Необходимо минимизировать выходные параметры.

3. «Чем больше – тем лучше» $A \geq [A_{min}]$.
Необходимо максимизировать выходные параметры.

4. Дискретный показатель «атрибут», используемый для классификации или подсчета.

5. Динамическая характеристика, величина которой зависит от входных данных.

Исследования и разработка инновационной технологии может осуществляться с целью:

- априори ее создания (цель одна);
- создания универсальной инновационной технологии, обладающей множеством свойств (комплекс целей).

В случае, когда исследователь преследует комплекс целей, на данном этапе главным является ранжирование полученного комплекса.

В настоящее время задачи ранжирования свойств (целей, объектов и т. д.) решают методами квалиметрии. В работе [2] на основании комплексных исследований процесса экспертного оценивания с помощью метода Т. Саати, являющегося в классической квалиметрии одним из наиболее объективных методов сбора и анализа экспертной информации [3], было доказано, что методы квалиметрии не предоставляют требуемый уровень доверия из-за наличия двух источников несогласованности мнений экспертов: групповой вариацией мнений экспертов (разногласий в группе) [4] и персональной вариацией мнений отдельно взятого эксперта.

В работе [2] был предложен и экспериментально проверен другой «способ измерения предпочтений эксперта в интервальной шкале», так называемый метод альтернатив, позволяющий минимизировать доминирующую персональную вариацию мнений одного эксперта.

Предлагаемый метод альтернатив, как способ оценивания функции полезности, основан на оценке разностей между двумя рассматриваемыми факторами (свойствами, технологиями и т. д.) по шкале Т.Саати. Оценивания реализуется по двум различным планам типа «каждый с каждым» и «каждый с одним». Затем полученные на основании систем уравнений оценки факторов (свойств, технологий и т. д.) должны быть проверены на устойчивость. Экспертные оценки считаются устойчивыми, если альтернативные оценки связаны статистически значимой адекватной возрастающей линейной зависимостью.

Для решения задачи ранжирования комплекса целей разработки инновационной технологии был выбран метод альтернатив (рисунок 1).

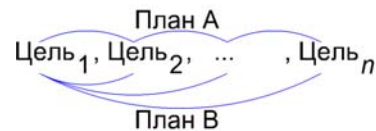


Рисунок 1 – Схема реализации эксперимента по методу альтернатив

После получения ранжированного ряда целей и дополнительного его согласования необходимо повторно применить метод альтернатив с целью уточнения оценок свойств в шкале интервалов. Необходимость осуществления повторной процедуры связана с тем, что первоначально свойства располагаются в случайном порядке, а при таком способе предъявления непротиворечивость эксперта с самим собой довольно высока.

В рамках проекта по выбору способа литья было выявлено, что будущая инновационная технология должна обладать рядом свойств: технологичность, структура заготовки, «проливаемость» длинной заготовки, геометрические параметры в поперечном и продольном сечениях, экономичность, экологичность, которые по результату анкетирования в два этапа были проанализированы (шкала рангов) и оценены (шкала интервалов) в баллах.

Далее после получения бальных оценок комплекса целей в шкале интервалов необходимо осуществить уменьшение полученного комплекса, при этом существуют несколько альтернативных вариантов принятия решения:

1. Оставить весь комплекс целей.
2. Уменьшить комплекс целей методом Парето, АВС-анализа и им подобным.
3. Оставить только одну цель.

В рамках проекта НИЛ «Литейные технологии» было осуществлено уменьшение комплекса свойств будущей технологии по методу Парето, после чего остались следующие свойства: технологичность и структура заготовки.

Затем необходимо перейти к реализации второго этапа общей стратегии эффективной разработки инновационных материалов и покрытий в области машиностроения, результатом которого является ранжированный по приоритетности ряд технологий. В случае, если результатом реализации первого этапа является комплекс целей, то для каждой в отдельности необходимо реализовать второй этап общей стратегии, а затем составить общий рейтинг приоритетности технологий для выбора наиболее приоритетной инновационной технологии (рисунок 2).

Цель 1	T ₁	T ₄	T ₅	T ₂	T ₃
Цель 2	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Цель 3	T ₄	T ₁	T ₅	T ₂	T ₃
Цель 4	T ₁	T ₃	T ₄	T ₂	T ₅

Рисунок 2 – Рейтинг приоритетности инновационных технологий

Литература

1. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь. Статистический сборник / И.В. Медведева – председатель редакционной коллегии – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. – 98 с.

2. Серенков П.С. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации: учеб. пособие / П.С. Серенков [и др.]. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2014. – 256 с.

3. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения / Р. Штойер – М. : Радио и связь, 1992. – 504 с.

4. Сатаров Г.А., Каменский В.С. Общий подход к анализу экспертных оценок методами неметрического многомерного шкалирования / Сатаров Г.А., Каменский В.С. – В кн. : Статистические методы анализа экспертных оценок. – М., 1977. – 107 с.

УДК 006.91

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ И ЭТАПЫ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Серенков П.С., Солодухо Ю.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В соответствии с СТБ 2450 система измерений или измерительная система – это набор инструментов или средств измерений, эталонов, операций, методов, приспособлений, программного обеспечения, персонала, окружающей среды и предположений, используемый для определения количества единиц измерений или фиксированных величин в измеряемой характеристике, то есть полный процесс, который используется для проведения измерений. Следует отметить, что первенство в появлении понятия «система измерений» принадлежит американским метрологам – производителям автомобильной техники. В рамках отраслевого стандарта на СМК QS9000 было разработано руководство Measurement Systems Analysis (MSA), 4-я редакция которого и легла в основу вышеуказанного стандарта.

Говоря о системе измерений, следует отметить, что она является ключевым элементом системы менеджмента измерений, требования к наличию которой устанавливает новая редакция стандарта СТБ ISO 9001, и техническая составляющая результативности которой обеспечивается результативностью системы измерений. Причем под управлением системы менеджмента измерений может находиться одновременно несколько единичных систем измерений.

Для обеспечения правильности построения и предъявления требований к системам измерений принято их классифицировать. Причем классы отличаются целями и задачами (назначением), нормативно-методическим обеспечением и особенностями жизненного цикла процедур. Двухуровневая (в общем случае) иерархическая структура систем измерений выглядит следующим образом.

На нижнем уровне находится система измерений для целей прямых измерений, имеющая в своей основе модель системы прямого измерения. К системе прямого измерения предъявляется классическое требование к точности результата измерения в виде: $A = A_0 \pm U, P$. Все более сложные системы измерений высшего уровня

имеют в своей основе одну или несколько систем прямых измерений.

Системы измерений второго или высшего уровня – это системы измерений для целей косвенных (сложных) измерений, системы измерений для целей испытаний и системы измерений для целей контроля.

К системам измерений для целей косвенных измерений предъявляется требование обеспечить получение результата измерений параметра с заданной (или меньшей) неопределенностью. Как правило, требуемый итоговый параметр связан с составляющими функциональной зависимостью. Каждая из составляющих на низшем уровне представляет собой систему измерений для целей прямых измерений.

К системам измерений для целей испытаний предъявляется требование обеспечить получение результата испытаний с заданной (или меньшей) неопределенностью. Испытания представляют собой измерения, проведенные в определенных заданных условиях, которые влияют на результаты этих измерений и от которых зависит их результат. Таким образом, каждая из влияющих на результат испытаний величин на низшем уровне представляет собой систему измерений для целей прямых измерений.

Системы измерений для целей контроля классифицируются на системы измерений для целей измерительного контроля и системы измерений для целей метрологического контроля (например, поверка). К системам измерений для целей измерительного контроля предъявляется требование дать заключение о годности с заданной степенью риска (обеспечить заданный уровень риска). К системам измерений для целей метрологического контроля предъявляется требование дать заключение о годности средства измерений к применению, то есть заключение о нахождении метрологических характеристик средства измерений в пределах установленных границ. И измерительный, и метрологический контроль