

Первый из источников риска, возникающий при осуществлении идентификации, – это риск, связанный с методической ошибкой косвенных измерений, используемых для идентификации.

До недавнего времени идентификация состава проводилась по результатам лабораторных испытаний отобранных образцов, полученных путем выпиливания из СК, скобления с поверхности, обработанной огнезащитными материалами СК. Фактически был реализован разрушающий метод контроля, нарушающий цельность СК.

Для минимизации данного источника риска Научно-исследовательским институтом пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь и Военной Академии Республики Беларусь разработан диэлькометрический метод оперативного контроля, который основан на измерении электрофизических параметров обработанных поверхностей СК без нарушения целостности огнезащитного покрытия.

Второй по важности источник риска возникает из-за замены огнезащитных составов на более дешевые аналоги или краски, не выполняющие функции огнезащиты.

Для минимизации данного источника риска было предложено использовать метод «эталона-

свидетеля». Эталон-свидетель обладает теми же свойствами, что и покрытие, нанесенное на объекты СК. Он позволяет контролирующим органам, через сличение результатов измерений диэлькометрическим методом убедиться в том, что на поверхности СК нанесен огнезащитный состав, соответствующий требованиям.

Третий по важности источник риска связан с вероятностью некорректного заключения о соответствии огнезащитного состава установленным требованиям, ассоциируемой с рисками поставщика  $\alpha$  и потребителя  $\beta$ , возникающими при контроле.

Вопрос об идентификации огнезащитного состава остается открытым и для выявления дополнительных источников риска и поиска путей их минимизации необходимо проведение дополнительных исследований.

#### Литература

1. Риск-ориентированный подход к разработке методик контроля / П.С. Серенков [и др.] // Приборы и методы измерений: научно-технический журнал. – 2018. – Т. 9, № 2. – С. 155–166.

2. СТБ ISO 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования».

УДК 621.791

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ Серенков П.С.<sup>1</sup>, Романчак В.М.<sup>1</sup>, Сацкевич А.А.<sup>1</sup>, Басинюк В.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Для инновационных технологий получения новых материалов, покрытий, конструкции и т. д. процесс проектирования и разработки является ключевым этапом их жизненного цикла, в рамках которого возможно реализовать наилучшее сочетание «затраты – наилучший комплекс функциональных характеристик».

Спецификой данного процесса в первую очередь является низкая информативность об объекте исследования и невозможность применения метода аналогов и прецедентов. Из-за отсутствия необходимого количества информации возрастает риск принятия некорректного решения.

К тому же инновационная деятельность является сферой колоссальных финансовых затрат, о чем можно утверждать исходя из официальной статистической информации [1]. В результате чего исследователи, как правило, проводят лишь частичные экспериментальные исследования, что в свою очередь является причиной возникновения рисков:

– недостижения оптимальных характеристик исследуемой инновационной технологии;

– неготовности разработанной инновации к практической реализации.

С учетом всех выявленных проблемных областей 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 второго этапа стратегии, а также приведены данные, полученные при практической апробации.

Наибольший интерес с научной точки зрения вызывает второй этап. Для корректного выбора приоритетного варианта разрабатываемого инновационного продукта в первую очередь необходимо описать технологию как процесс, а именно разработать укрупненную модель будущего технологического процесса, состоящего из конечного множества основных этапов ( $a, b, \dots$ ).

Затем следует провести морфологический анализ технологического процесса, то есть сформулировать множества всех возможных вариантов (методов) реализации каждого этапа, например,  $(a_1, a_2, a_3, \dots; b_1, b_2, b_3, \dots; \dots)$ , и сформировать «морфологический ящик» всех возможных комбинаций (рисунок 1).

$$\begin{matrix} a_1b_1; a_1b_2; a_1b_3 \\ a_2b_1; a_2b_2; a_2b_3 \\ a_3b_1; a_3b_2; a_3b_3 \end{matrix}$$

Рисунок 1 – Морфологический анализ технологического процесса, состоящего из двух этапов и трех вариантов реализации каждого этапа

Далее возникает задача выбора наилучшего сочетания этапов процесса. Предложены два пути ее решения:

– разделить задачу и первоначально по результатам ранжирования выбрать наилучший вариант (метод) реализации первого этапа, второго и т.д., а затем сформировать искомую технологию путем сочетания выбранных наилучших вариантов (методов);

– решать задачу комплексно, ранжируя технологии как совокупность вариантов (методов реализации) каждого этапа процесса.

Определено, что задачу следует решать комплексно в виду того что варианты (методы) реализации каждого этапа потенциально могут быть взаимосвязаны.

Рассмотрены три способа комплексного ранжирования технологий:

1. Выбор приоритетной инновационной технологии методом альтернатив [2] (рисунок 2).

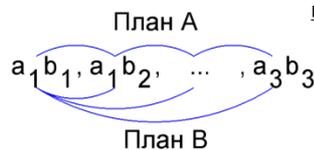


Рисунок 2 – Графическая интерпретация метода альтернатив

Метод альтернатив предполагает попарное сравнение ранжированного ряда технологий по плану А – «каждый с предыдущим» и по плану В – «первый с каждым». При выборе приоритетной инновационной технологии методом альтернатив получаемые экспертные оценки не обладают необходимой точностью и достоверностью. Так как при попарном сравнении рандомизированного ряда технологий встречаются сочетания, в которых одновременно меняются 2 и более варианта (метода) реализации каждого этапа, что приводит к увеличению персональной вариации мнений каждого эксперта, вследствие чего доверие к экспертным оценкам падает.

2. Выбор приоритетной инновационной технологии методом покоординатного спуска [3].

Данный метод в отличие от предыдущего гарантирует попарное сравнение двух вариантов

технологий, отличающихся только одним вариантом (методом) реализации каждого этапа. По условным линиям формируются сочетания (технологии), а попарное сравнение осуществляется между двумя технологиями, выходящими из одной точки (вариант этапа) (рисунки 3 и 4).

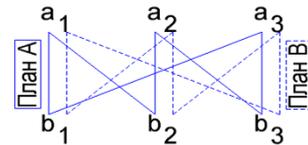


Рисунок 3 – Графическая интерпретация метод покоординатного спуска. План А по пунктирным линиям; план В по основным линиям

План В	$a_1b_1$	$a_2b_1$	$a_2b_2$	$a_3b_2$	$a_3b_3$
	$a_2b_1$	$a_2b_2$	$a_3b_2$	$a_3b_3$	$a_1b_3$
План А	$a_1b_1$	$a_1b_2$	$a_2b_2$	$a_2b_3$	$a_3b_3$
	$a_1b_2$	$a_2b_2$	$a_2b_3$	$a_3b_3$	$a_3b_1$

Рисунок 4 – Матрица оценивания приоритетности технологий по методу покоординатного спуска

При этом данный метод предполагает сравнение по двум альтернативным планам (рисунок 3): попарное сравнение вариантов «вдоль пунктирной линии» (план А) и попарное сравнение по движению «вдоль основной линии» (план В). Отметим, что по вертикальным линиям возникают контрольные сочетания (технологии), в которых появляется возможность проверки достоверности и точности экспертных оценок с помощью статистических критериев.

Применение данного метода ограничивается количеством потенциальных технологий: при небольшом количестве возможных сочетаний вариантов разрабатываемых технологий «точек контроля» (контрольных сочетаний) недостаточно для применения статистических критериев проверки достоверности оценок.

3. Выбор приоритетной инновационной технологии комбинированным методом.

Каждый из двух рассмотренных методов обладают достоинствами и недостатками. Обоснован комбинированный метод, предполагающий сравнение по двум альтернативным планам: попарное сравнение вариантов «вдоль пунктирной линии» (план А) и попарное сравнение по движению «вдоль основной линии» (план В) (рисунок 5).

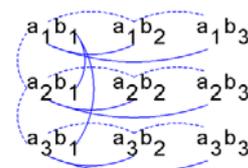


Рисунок 5 – Графическая интерпретация комбинированного метода. План А – по пунктирным линиям; план В – по основным линиям

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

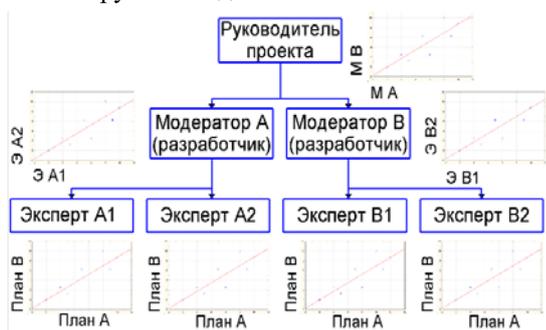


Рисунок 6 – Организация опроса группы экспертов

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: