

УДК 621.793.74

ЭКСПЕРТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ
ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Кадырметов А.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Email: kadyrmetov.a@mail.ru

Аннотация: В работе представлены методические вопросы по определению необходимости и возможности разработки и использования новых и прогрессивных технологий. Рассмотрен анализ методических вопросов по технико-экономическим критериям, использующий методы экспертных оценок, граничных значений критериев и групп критериев важности, оценку технологических ограничений прогрессивной технологии, методы многофакторного планирования эксперимента для определения оптимальных факторов технологии и экономического экспресс-анализа.

Ключевые слова: новая технология, прогрессивная технология, методика обоснования технологии, факторы, критерии.

EXPERT EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF
APPLICATION OF PROGRESSIVE TECHNOLOGIES BASED ON
INTEGRO-DIFFERENTIAL ANALYSIS

Kadirmetov A.M.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

Email: kadyrmetov.a@mail.ru

Summary: The paper presents the basics of methodological issues to determine the need and the possibility of developing and using new and advanced technologies on the example of additive technologies. The analysis of methodological issues by technical and economic criteria is considered, a method algorithm is proposed that uses methods of expert assessments, boundary values of criteria and groups of importance criteria, an assessment of the technological limitations of advanced technology, methods of multi-factorial design of the experiment to determine the optimal technology factors and economic express analysis.

Keywords: new technology, progressive technology, methodology for substantiating technology, factors, criteria.

Исходные положения

Сферы машиностроения, автомобилестроения, эксплуатации различных и, в том числе, транспортных машин и др. областей техники для своего развития и высокой конкурентоспособности постоянно внедряют в производство новые и прогрессивные технологии. В число новых и прогрессивных современных технологий входят плазменные, лазерные технологии и их варианты в вакууме, комбинированные технологии формирования, наращивания и упрочнения материалов, аддитивные технологии и др. Их внедрение требует оценки их целесообразности, возможности внедрения и эффективности. Для этого используются различные методы. Самыми простыми методами оценивания являются методы экспресс-анализа [1]. Они осуществляются на основе множества субъективных мнений экспертов в отношении основных технико-экономических критериев применимости и эффективности прогрессивных технологий. В качестве такого оценивания используются интегральные методы анализа (для случая небольшого количества критериев) и интегро-дифференциальные методы анализа (для достаточно развитых технологий, содержащих нескольких десятков критериев). Эти критерии должны соответствовать требованиям стандартов качества продукции ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и надежности продукции ГОСТ 27.001-2009. В число данных критериев входят критерии назначения продукции, технологические, конструктивные и производственные критерии, логистические и закупочные критерии, экономические критерии, критерии надежности и др.

В статье предложен вариант интегро-дифференциальной экспертизы возможности и целесообразности применимости вариантов прогрессивных технологий при выборе наиболее эффективной из них.

Экспертное оценивание в этом случае включает в себя последовательные этапы определения: предварительной оценки технико-экономической целесообразности использования прогрессивных технологий (1 этап); технологической осуществимости реализации прогрессивных технологий (2 этап); оценки удовлетворения технологии эксплуатационным требованиям продукции (3 этап); технико-экономической эффективности технологии для имеющихся производственных условий (4 этап).

Технико-экономическая оценка целесообразности использования прогрессивных технологий (1 этап)

На первом этапе осуществляется анализ производственной целесообразности использования прогрессивных технологий по всем критериям. Ввиду

множества критериев в целях наглядности анализа все критерии целесообразно разбить на группы, и анализ проводить сначала по группам критериев, а затем, по каждому критерию в каждой группе отдельно. Весомость групп и каждого критерия в группе осуществляется экспертами субъективно заданием значений коэффициентов важности групп и каждого критерия. Значения коэффициентов могут задаваться процентами или долями. Затем они приводятся к нормализованному виду в долях по формулам (табл. 1). В конце 1-го этапа задаются границы значимости критериев в каждой группе пороговыми значениями p_i (табл. 1). После этого отбрасываются незначимые критерии и определяется сумма значений значимых критериев. По этой сумме делается вывод о необходимости использования

Таблица 1 – Задание и расчет значимости критериев целесообразности технологии

№ шага	Задание параметра	Расчет параметра	Номер формулы
1	Задание значимости в долях i -той группы критериев X_i , где $i = 1, 2, \dots, n_i$; n_i – количество групп	Расчет нормализованной значимости i -той группы критериев: $Y_i = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^{n_i} X_i}$	(1)
2	Задание значимости в долях j -го критерия в i -той группе критериев Y_{ij} и их весомости $\alpha_{ij} \geq 1$, где $j = 1, 2, \dots, n_{ij}$; n_{ij} – количество критериев в i -той группе	Расчет нормализованной значимости критериев: $Y_{ij \text{ н}} = \frac{\alpha_{ij} \cdot Y_{ij} \cdot Y_i}{\sum_{j=1}^{n_{ij}} (\alpha_{ij} \cdot Y_{ij})}$	(2)
3	–	Расчет пороговых значений p_i для критериев по каждой i -группе $p_i = k_i \cdot \frac{1}{n_{ij}}$ где k_i – коэффициенты значимости группы критериев, $k_i \geq 1$	(3)
4	–	Расчет суммы значимых критериев, $A = \sum_{j=1}^{n_{ij}} Y_{ij \text{ н}}$ удовлетворяющих условию: $Y_{ij \text{ н}} \geq p_i.$	(4) (5)
5	Задание границ значимости в долях единицы целесообразности технологии: A_1, A_2, A_3, A_4	Вывод об использовании технологии: – нецелесообразно, если $A < A_1$; – целесообразность удовлетворительна, если $A_1 \leq A < A_2$; – целесообразность эффективна, если $A_2 \leq A < A_3$; – целесообразность высокоэффективна, если $A_3 \leq A$	

новой технологии исходя из предварительно заданных значений границ значимости общей суммы. Эти границы могут быть представлены диапазонами значений, задаваемых исходя из априорных или иных соображений, например, интервалами: $< 0,5$ (использование нецелесообразно); $0,5-0,6$ (использование имеет удовлетворительную эффективность); $0,61-0,7$ (использование имеет хорошую эффективность); $> 0,7$ (использование имеет высокую эффективность).

Оценка технологической осуществимости реализации технологии (2 этап)

На этом этапе делается оценка принципиальной возможности использования прогрессивной технологии для изготовления деталей, или наращивания на них функциональных слоев, или их упрочнения, или восстановления деталей после эксплуатации. Данный анализ состоит в определении технологических ограничений новых технологий и их учета применительно к конкретным деталям или их частям и поверхностям. В общем случае он может включать в себя также выбор или уточнение материала детали или покрытия, анализ геометрии детали и её поверхностей, выбор варианта новой технологии и оборудования. В свою очередь, анализ геометрии детали включает в себя оценку технологических ограничений по габаритным размерам детали, профилей поверхностей, параметрам макроотклонений, волнистости и шероховатости, анализ детали на наличие конструктивных особенностей (параметров полостей, стенок детали) и др. При наличии возможных технологических проблем применительно к конкретным деталям проводится конструктивно-технологический анализ корректировки геометрических параметров и / или технологических изменений изготовления детали, организационной и юридической возможности этой корректировки.

Технологическими ограничениями новых технологий могут быть конструктивные особенности детали, к которым относятся сложный профиль детали и её поверхности, наличие узких щелей, полости, стенки, композиционный состав, распределенность физико-механических и химических свойств и др. Эти ограничения могут потребовать усложнение и удорожание технологии за счет необходимости использования специальных инструментов, приспособлений, критических режимов изготовления, последующей и финишной сложной постобработки.

Для экспресс-анализа желательно наличие классификационной базы типовых деталей для сравнения с ними рассматриваемой новой технологии для изготовления детали. Анализ применимости новой технологии при этом проводится по параметрам, включающим в себя размеры (габаритные, профилей поверхностей, макроотклонений, волнистости и шероховатости), параметры полостей (каналов, отверстий, выемок, нависающих элементов), стенок, материалов и свойства. Также тре-

буется проведение оценки остаточных напряжений и деформаций в детали после изготовления и необходимость последующей компенсирующей обработки.

Вывод о возможности изготовления детали с помощью новых и прогрессивных технологий делается после указанного анализа путем проверки выполнения заданных требований по вышеперечисленным параметрам.

Оценка удовлетворения технологии эксплуатационным требованиям продукции (3 этап)

Данный тип критериев представляет собой всю совокупность эксплуатационных требований, предъявляемых к детали, а именно, физико-механических, химических, надежности и др. (табл. 2).

Таблица 2 – Эксплуатационные критерии к продукции

№ п/п	Название критерия	На что влияет
1	Физико-механические (прочностные, усталостные и др.)	Показатели безотказности, долговечности
2	Теплофизические, тепло- и жаростойкие	Показатели безотказности, долговечности
3	Триботехнические	Показатели долговечности
4	Ремонтопригодность	Восстанавливаемость
5	Назначение	Условия эксплуатации

Для определения того, что изготавливаемые по новым технологиям детали удовлетворяют эксплуатационным требованиям, обязательно проведение экспериментальных исследований и производственных испытаний. Для этого используются методы планирования многофакторного эксперимента с поиском оптимальных факторов (режимов изготовления, параметров материалов, оборудования) для оптимизации конкретных критериев. Образцы и детали при этом изготавливаются в количестве, обеспечивающим необходимую статистическую достоверность результатов [2].

После экспериментального нахождения оптимальных факторов и соответствующих им значений критериев последние сравнивают с требуемыми эксплуатационными значениями. На основании этого делается вывод об обеспечении или невозможности выполнения эксплуатационных требований, предъявляемых к изготавливаемой детали.

Производственные испытания проводятся по стандартным методикам предприятия и преследует цель проверить изделие на соответствие всем эксплуатационным требованиям. Параметры испытаний, их перечень задаются в зависимости от назначения самого изделия. На основе экспериментальных ис-

следований и производственных испытаний определяются преимущества и недостатки новой технологии.

Оценка технико-экономической эффективности технологии для имеющихся производственных условий (4 этап)

На этом этапе осуществляется анализ экономической целесообразности изготовления детали с помощью новых технологий. Для этого задается объем выпуска деталей, и по известным методикам [3] рассчитывается трудоемкость изготовления детали, включая трудоемкость постобработки. Предварительная оценка себестоимости изготовления детали «С» может быть получена с помощью формулы:

$$C = k_{\text{сл}} \cdot M \cdot c_{\text{м}},$$

где M – масса детали; $c_{\text{м}}$ – себестоимость изготовления единицы массы усредненной типовой по сложности детали; она включает в себя все составляющие затрат (стоимость материала, заработную плату рабочим, электроэнергию, расходы на амортизацию и др.); $k_{\text{сл}}$ – коэффициент, учитывающий конструктивные параметры детали.

Сравнение полученной себестоимости с себестоимостью изготовления детали по базовой технологии позволяет определить экономическую целесообразность новой технологии.

Заключение

Таким образом, анализ использования новой или прогрессивной технологии включает в себя последовательные этапы определения её целесообразности и возможности использования с учетом экономической выгоды. Каждая из этих этапов осуществляется разработчиком новых технологий совместно с предприятием-изготовителем деталей, на котором предполагается внедрение новых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Орлов, А. И. Экспертные оценки [Электронный ресурс] / А. И. Орлов // Учебное пособие. – М. : 2002. – 31 с. <http://orlovs.pp.ru/stat.php#k4>.
- 2 Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А. А. Спиридонов. – М. : Машиностроение, 1981. – 184 с.
- 3 Бусарова, Т. А. Оценка экономического эффекта от внедрения НИОКР на наукоемком предприятии [Текст] / А. Б. Бусарова, Н. В. Колганова, И. С. Соколова, Е. М. Щербаков // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 3 (82). – С. 130-141.