

На правах рукописи

ТОМАСОВА ДАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ДИАГНОСТИКА И УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫМ ВОВЛЕЧЕНИЕМ
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ИННОВАЦИОННЫЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ**

Специальность: 05.02.22 - Организация производства
(текстильная и легкая промышленность)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2021

Работа выполнена на кафедре менеджмента федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»

Научный руководитель:

Шульгина Людмила Анатольевна

Кандидат экономических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», доцент кафедры менеджмента

Официальные оппоненты:

Буре Владимир Мансурович

Доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», профессор кафедры математической теории игр и статистических решений

Ястребов Анатолий Павлович

Доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», профессор кафедры информационных технологий предпринимательства

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный экономический университет"

Защита диссертации состоится «30 марта 2021 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.236.07 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18, круглый зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.18, <http://www.sutd.ru>

Автореферат разослан :

« » _____ 2021 года

Учёный секретарь
диссертационного совета

Переборова Нина Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В современном социально-экономическом пространстве насущной необходимостью становится значительное расширение возможностей производственных систем для обеспечения соответствия потребностям общества на технологически и экономически обоснованной основе.

Основой технологического развития производственной системы становится постоянное и эффективное обновление продукции, снижение длительности производственного цикла, трудоемкости, материалоёмкости, энергоёмкости во всех технологических процессах, максимизация согласованности процессов между собой, повышение производительности труда, улучшение качества выпускаемых изделий. Инновационная деятельность предприятия выступает как основа устойчивого функционирования, выживания и развития компании в нестабильной среде. Она находит отражение во внедрении на предприятиях подразделений, ответственных за инновации, в разработке методологий инновационного производственного менеджмента и в соответствующем наполнении образовательных программ.

Достижение положительных результатов инновационной деятельности возможно в рамках комплексного развития производственных систем инновационного типа, усиления их информационной насыщенности, гибкости и эффективности. Необходимость решения задач управления, совершенствования, оптимизации производства во взаимосвязи множества параметров требует теоретической проработки вопроса о сущности и признаках производственных систем инновационного типа, а также разработки алгоритмов диагностики и управления параметрами их развития. Нестабильность и динамичность инновационных технологических процессов приводят к необходимости развития нечётких и адаптивных подходов в управлении производственными системами, инструментария теории нечётких множеств и энтропийного анализа в приложении к целям мониторинга и диагностики производственных систем.

Особую значимость в условиях высокой конкуренции приобретает поиск и анализ путей повышения интенсивности производственного процесса, уровня ресурсосбережения и качества создания добавленной стоимости как ключевое направление его технологического развития. Этим обуславливается актуальность и практическая значимость научной работы.

Степень научной разработанности темы

Значение и вклад инноваций, инновационной деятельности и научно-технического развития для контура социально-экономической системы начинаются с исследований Й. Шумпетера, Б. Твисса, Ф. Никсона, Б. Санто, В.М. Полтеровича, Н.Д. Кондратьева, И. Ансоффа. Общие и частные процессы анализа и управления инновационной деятельностью на российских предприятиях, оценки инновационной активности находят отражение в трудах таких авторов, как М.В. Альгина, С.Я. Бабаскин, А.И. Балашов, В.А. Боднар, В.А. Л. Водачек, Васильев, С.Ю. Глазьев, Н.Н. Голубь, Е.В. Гончарова, В.Н. Гунин, И.Л. Загитов, М.И. Зладнев, К.К. Козлов, Д.А. Койчуева, Г.К. Лапушинская, О.В. Навоева, М.Л. Новожилов, Д.А. Новиков, Н.И. Павлова, И.С. Панченко, А.В. Пивень, В.Д. Попов, И.В. Рогозин, А.Н. Трошин, А.Н. Фоломьев, И.С. Хожаев, П. Шеко.

Рассмотрение вопросов управления производством и анализа производственных факторов сопутствовало началу развития экономики как науки и находит первое отражение в произведениях А. Смита и Э. Уитни. Основы теории организации (тектологии) в российской науке заложены А.А. Богдановым, П.М. Керженцевым,

А.К. Гастевым. Дальнейшее развитие организации производства связано с именами Ф. Тейлора, Л. Гилберт, Г. Форда, Г.Л. Ганнта, Ч. Бэббиджа, А. Лайвлес, Э. Деминга, У. Шухарта, Г. Эмерсона и современных авторов – Р.А. Фатхутдинова, Г.Г. Серебренникова и многих других.

Теория нечётких множеств как математический инструмент анализа была создана Л. Заде. Изучение и применение алгоритмов теории нечётких множеств в задачах экономического анализа получило широкое распространение в работах А.О. Недосекина. Применительно к целям инновационного анализа этот метод освещён в трудах Т.Ф. Гареева, Е.В. Левнера, А.Л. Линец, С.А. Орловского, С.А. Птускина, А.П. Рыжова, М.И. Тенетко, О.Ю. Песковой, С.А. Федосеева и других.

Энтропия, принципы синергетического развития рассмотрены в работах Г. Хакена, И. Пригожина, Ю.А. Урманцева. Глубокую проработку в трудах отечественных учёных нашли вопросы применения энтропийных методов анализа в инновационном проектировании. Решению этих научных проблем посвящены работы С.А. Дулесова, Р.Г. Кораблева, И.В. Прангишвили, Ю.Л. Соловьевой, Н.Е. Сердитовой, Е.Н. Темеровой, Г.Н. Трусова, Л.С. Усова, А. Чаленко, С.В. Чупрова. Широкое исследование подходов к развитию производственной системы в целом не исключает наличия теоретико-методологических пробелов в вопросах соотношения и роли инновационной и традиционной составляющей в производственном процессе, а также единого взгляда на саму суть инновационных производственных систем. Кроме того, стремительное развитие инновационной сферы ставит новые задачи диагностики инновационных систем, снижения уровня неопределённости в них, усиления их эффективности в потреблении ресурсов и создании стоимости на основе учёта запросов потребителей.

Цели и задачи диссертации. Целью исследования является разработка алгоритмов диагностики и проектирования эффективного внедрения новых технологий для обеспечения развития инновационных производственных систем.

В соответствии с целью были поставлены научные и практические задачи:

1. Провести терминологический анализ ключевых понятий инновационной активности, выявить и классифицировать существенные признаки производственных систем инновационного типа.
2. Выполнить сравнительный анализ применяемых методов изучения и исследования инновационных процессов, исследовать информационное и методическое обеспечение диагностики и управления технологическим развитием производственных систем.
3. Разработать алгоритм динамической классификации производственно-технологических процессов и обосновать содержание параметров нечёткого класса инновационных процессов.
4. Обосновать методический подход к построению экспресс-оценки уровня инновационной активности производственной системы и её визуализации.
5. Сформировать перечень барьеров прогрессивного технологического развития производственных систем и разработать алгоритм диагностики их преодоления в динамике.
6. Разработать методический инструментальный мониторинг эффективности использования материально-технических ресурсов, ресурсосбережения и равномерности технологического развития производственной системы при внедрении автоматизированных технологий управления жизненным циклом изделия.

Объектом исследования являются производственные системы в сфере текстильной и лёгкой промышленности с инновационной направленностью развития

Предметом исследования является совокупность теоретических, методологических и практических принципов и подходов к диагностике и повышению эффективности использования ресурсов в производственных системах инновационного типа как ключевому направлению их технологического развития.

Теоретические и методологические основы исследования

Теоретическую основу исследования составляют фундаментальные научные труды и результаты прикладных работ российских и зарубежных учёных, специалистов и практиков в сфере инновационной экономики, производственных систем, а также концепции и положения инновационного и производственного менеджмента. Методологическую основу исследования составляют как общие, так и частные научные методы: методы системного, структурного и сравнительного анализа, синтеза и декомпозиции явлений, методы анализа временных рядов и статистической оценки данных, коэффициентный и параметрический анализ, методы технико-экономического обоснования и графического анализа, инструментарий энтропийного анализа и инструментарий теории нечётких множеств.

Информационная база исследования включает в себя публикации в отечественных и зарубежных журналах, российские и международные руководства и рекомендации в сфере инновационной деятельности, данные Федерального агентства по статистике Российской Федерации, обзорно аналитические материалы и сборники, внутренние данные, полученные на объекте исследования.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Содержание диссертации соответствует Паспорту специальности 05.02.22 – Организация производства (по отраслям), разделам 2 - Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процессов; 8 - Развитие теоретических основ и практических приложений организационно-технологической и организационно-экономической надежности производственных процессов. Оценка уровня надежности и устойчивости производства; 10 - Разработка методов и средств мониторинга производственных и сопутствующих процессов.

Наиболее существенные результаты, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем:

1. Внесены дополнения в системотехнические принципы организации производства в текстильной промышленности; на основе терминологического анализа понятий в сфере инновационной деятельности предложены авторские определения терминов «производственная система инновационного типа», «инновационная компонента производственной системы», выполнено уточнение классификации инновационных производственных систем за счёт выделения их основных характеристик и закономерностей как объекта управления и развития.

2. Определены ключевые подходы к оцениванию технологического развития производственной системы в рамках преодоления производственно-технологических и информационно-организационных барьеров инновационной активности.

3. На основе изучения и сравнения признаков производственных систем инновационного типа разработан комплекс взаимосвязанных показателей для проведения экспресс-оценки уровня инновационной активности производственной системы по двум составляющим: эффективности и ресурсной обеспеченности инновационной деятельности в системе.

4. Сформирован метод оценивания и мониторинга ресурсосберегающих технологических процессов с формированием инструментария долевого энтропии в производственном анализе.

5. Сформирован комплекс рекомендаций по использованию информационных возможностей PLM-технологии для повышения устойчивости и надёжности производственной системы и предупреждения производственных сбоев оборудования.

Теоретическая значимость диссертации состоит в проведении детального терминологического и концептуального разбора инновационной активности как основной характеристики производственных систем инновационного типа и раскрытии инновационной составляющей системотехнических принципов организации производства во взаимосвязи с проблемой сохранения достаточного уровня разнообразия и устойчивости на предприятии. Комплексный анализ подходов к измерению инновационной активности, обзор возможностей информационного и методического обеспечения анализа, а также обоснование эффективности методов нечетко-множественного и энтропийного анализа для разработки алгоритмов идентификации, классификации, мониторинга инновационных систем составляют теоретический вклад в развитие науки об управлении производственными системами.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в следующем.

1. Авторская методика диагностики интенсивности преодоления барьеров технологического развития в производственной системе и сопутствующая ей система идентификаторов служит основой усиления прогрессивной составляющей производственной системы, а также выявления её наиболее слабых и узких мест.

2. Представленный алгоритм мониторинга отклонений в протекании технологических процессов от целевых режимов построен на основе моделирования статистических параметров распределения целевых показателей и их энтропийной оценки и служит инструментом раннего выявления и корректировки нарушений производственного процесса в области эффективности использования ресурсов, надёжности и качества.

3. Разработанный метод морфологического ящика производственного анализа является основой выявления производственных потерь и формализованного и всестороннего выбора рекомендаций производственного развития и повышения уровня организации производственной деятельности.

4. Адаптация инструментария теории нечётких множеств к диагностике производственных процессов повышает эргономичность и полноту производственного анализа в условиях функционирования сложной производственной системы с большим количеством неопределённостей и стохастически меняющихся факторов влияния.

5. Применение алгоритма мониторинга эффективности функционирования и равномерности развития производственной системы является базисом регулирования участия отдельных подразделений в формировании эффективных технологических процессов.

Автор защищает:

1. Разработанный алгоритм, приёмы и инструменты мониторинга, исследования, корректировки и управления ресурсосбережением и продуцированием относительной экономии в производственных подсистемах и методику предупреждения перерасхода ресурсов на технологическом оборудовании,

сформированные на основе введения показателя равномерности технологического развития.

2. Предложенный метод морфологического ящика, направленный на выявление производственных потерь и поиск вариантов решения производственных проблем в части повышения эффективности использования ресурсов.

3. Комплекс взаимосвязанных показателей, характеризующих преодоление барьеров инновационного развития в динамике развития производственной системы.

4. Алгоритм сбора данных о функционировании объектов инновационной техники по целевым характеристикам и расчёта распределения вероятности их работы в допустимом диапазоне и достижения необходимого уровня надёжности производства.

Апробация результатов исследования осуществлялась в производственных условиях на ОАО Трибуна, что подтверждено справкой о практическом использовании результатов научного исследования. Разработанные алгоритмы производственного анализа, мониторинга и диагностики подтвердили свою практическую значимость и могут быть рекомендованы к использованию на других предприятиях лёгкой промышленности. Отдельные положения были использованы в образовательном процессе при разработке учебных курсов и составлении методических указаний по дисциплинам «Управление технологическими инновациями», «Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия».

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 19 научных работ, из которых 3 в ведущих рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы (154 наименования) и шести приложений. Основное содержание диссертации изложено на 147 страницах печатного текста, содержит 22 таблицы и 4 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** дано обоснование раскрываемой темы по организации функционирования производственных систем инновационного типа, диагностике, мониторингу и корректировке инновационного развития промышленного предприятия. Также сформулированы цели и задачи диссертационной работы, научная новизна, практическая значимость и личный вклад автора.

В основу исследования положен теоретический анализ содержания и закономерностей развития инновационных производственных систем, а также разработка рекомендаций по управлению ими на основе инструментария теории нечётких множеств и энтропийного анализа, формирующих комплексный информационный базис управления. Обеспечение равномерных темпов инновационного развития системы обеспечивает её устойчивость в динамичном взаимодействии с внешней средой, функционально-структурное единство и наращивание интеллектуального капитала системы. Грамотная система мониторинга и управления отклонениями на выходе производственных процессов определяет перспективы предприятия и его соответствия новым тенденциям в развитии отрасли.

В первой главе «Производственная система инновационного типа: закономерности развития и управления» рассмотрены современные представления о формах инновационной активности на промышленных предприятиях. Проведён терминологический анализ сопутствующих понятий: системотехнических принципов организации производства и их инновационной составляющей. Сформулировано определение производственных систем инновационного типа как систем, которые активно вовлекают интеллект, знания, информацию, а также материально-технологические ресурсы для преодоления своих пространственных, временных, материальных, трудовых, финансовых, организационных и экологических ограничений и эффективного структурного преобразования с сохранением необходимого уровня технологического разнообразия и устойчивости.

Сделан акцент на изучении возможностей комплексной оценки технологического развития производственных систем, а также на проблемах создания соответствующего информационного и методического обеспечения. Определены преимущества и недостатки формального, результативного, ресурсного подходов к оценке инновационной активности системы, выделены показатели статической и динамической составляющих инновационного развития.

В продолжение первой главы проведён поиск методического инструментария, удовлетворяющего требованиям высокой реалистичности отображения множественных производственных параметров и ограничений. Сделан вывод об эффективности инструментария нечётких множеств с точки зрения агрегирования разнородной информации и обеспечения гибкости системы анализа. Также раскрыты основы проведения энтропийного анализа производственно-экономических систем, на их основе сформулированы принципы применения структурной и статистической мер информации для технических систем.

Во второй главе «Диагностика технологического развития производственной системы» содержатся результаты разработки методик для оценивания инновационной активности производственной системы на основе динамического подхода. Предложен алгоритм нечёткой динамической классификации технологических процессов по признакам инновационности. Оценка производится по четырём параметрам процесса, представленным в таблице 1.

Таблица 1 - Признаки инновационности технологических процессов

Параметры процесса	Признаки инновационности (инновационные характеристики технологических процессов)
Оснащённость	Коэффициент инновационной оснащённости
	Коэффициент прогрессивности технологического процесса
Интенсивность	Коэффициент согласованности процесса во времени
	Коэффициент безотказности процесса
Экономичность	Уровень полезного выхода
	Уровень использования производственных ресурсов
Качество	Уровень развития предупредительного контроля
	Коэффициент интеллектуальности технологического процесса

Определяются нечёткие классы инновационной активности «Низкий уровень» и «Высокий уровень» Для множества «Низкий уровень инновационности» принимается экспоненциальная функция принадлежности «величина у малая»

$$\mu(y) = e^{-ky^2}; \text{ при } k > 0, \quad (1)$$

где $\mu(y)$ - степень принадлежности величины у нечёткому множеству;

k – параметр, индивидуальный для каждого анализируемого признака и определяемый из соотношения:

$$k = -\frac{\ln 0,5}{(y_{0,5})^2}, \quad (2)$$

где $y_{0,5}$ - значение y , при котором его степень принадлежности составляет 0,5.

Для множества «Высокий уровень инновационности» принимается экспоненциальная функция принадлежности «величина y большая»:

$$\mu(y) = \begin{cases} 0; & \text{при } 0 \leq y \leq \alpha \\ 1 - e^{-k(y-\alpha)^2}; & \text{при } \alpha \leq y; k > 0 \end{cases} \quad (3)$$

где α – нижний предел множества, и значения меньше него не принадлежат множеству.

Для «Высокого уровня инновационности» значение k находится по формуле:

$$k = -\frac{\ln 0,5}{(y_{0,5}-\alpha)^2}. \quad (4)$$

Составляется система продукционных правил с применением нечёткого алгоритма «Если..., то...» и определяется степень принадлежности объекта нечёткому множеству по каждому из показателей инновационности:

$$\mu(y)_{B_p^1}, \mu(y)_{B_p^2}, \dots, \mu(y)_{B_p^i}, \dots, \mu(y)_{B_p^n} \quad (5)$$

Продукционное правило для отнесения объекта к одному классов основывается на сравнении степени принадлежности с минимально необходимой:

$$\text{При: если } \mu(y)_{B_p} \geq \varepsilon_0, \text{ то } y \in B_p \quad (6)$$

где ε_0 - минимальное значение функции принадлежности, ниже которого значение y не считается принадлежащим данному нечёткому множеству.

И, кроме того, степень принадлежности y множеству B_p должна быть больше, чем степень принадлежности другому множеству:

$$\mu(y)_{B_p} \geq \mu(y)_{\forall B} \quad (7)$$

Интегральное значение инновационности процесса определяется как нечёткое произведение значений отдельных показателей. Уровень инновационности процесса определяется через расстояние Хэмминга данного множества от объекта с абсолютной принадлежностью множеству «Высокий уровень инновационности»:

$$d^{ham} = \sum_{i=1}^n |\mu(y)_{B_p^i} - 1|. \quad (8)$$

Разработанный алгоритм позволяет оценить принадлежность системы к классу инновационных производственных систем и отслеживать динамические изменения уровня инновационности на уровне отдельных технологических процессов.

Для обеспечения разносторонней экспресс-оценки уровня инновационной активности производственной системы необходимо в равной мере оценить её усилия по созданию внутри себя ресурсного обеспечения и совокупную эффективность инновационных мероприятий. На этих принципах во второй главе исследования разработан графический метод экспресс-оценки инновационности производственной системы. Уточнено значение показателей интенсификации использования ресурсов производственной системы и силы инновационного рычага. Для графического отображения результатов предлагается метод эллипсов. Сводное значение коэффициента обеспеченности инновационными ресурсами соответствует параметру a ; сводный уровень эффективности инновационной деятельности - параметру b . Площадь эллипсов рассчитывается по формуле:

$$S^{эл} = \pi * a * b, \quad (9)$$

где a – большая полуось;

b – малая полуось.

При этом эллипс с центром в начале координат описывается каноническим уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (10)$$

Соотношение полученных площадей представляет собой показатель уровня инновационной активности ($S_i^{эл}$) относительно эталона ($S_{эт}^{эл}$):

$$U_{РИА} = \frac{S_i^{эл}}{S_{эт}^{эл}}. \quad (11)$$

Соотношение площадей эллипсов наглядно демонстрирует изменение уровня инновационной активности за счёт повышения обеспеченности ресурсами или улучшения инновационных результатов. Предложенная система показателей позволяет учесть стратегический и тактический характер инновационной деятельности и общий уровень интеллектуального развития системы.

По существу технологическое развитие производственной системы в данном исследовании связывается, в первую очередь, с её способностью преодолевать внутренние и внешние барьеры инновационного развития. Проведён содержательный анализ понятия инновационных барьеров с точки зрения происхождения, механизмов воздействия, и предложена их авторская классификация по сферам возникновения: кадрово-культурные, производственно-технологические, информационно-организационные, финансовые. По каждой группе сформулированы направления деятельности системы для их преодоления. Они раскрываются через индексы динамики соответствующих процессов.

Для обеспечения сопоставимости частных показателей производится их нормировка, а уровень обобщающего фактора определяется на основе лингвистических переменных по матричному принципу. Значение функции принадлежности задаётся по формуле трапециевидного множества.

На основе нормированных значений составляются матрицы уровней по каждой группе показателей за исследуемые периоды и рассчитываются интегральные значения по матрице и по четырём группам показателей:

$$R_k = \sum_{i=1}^n w_i \sum_{j=1}^m (q_j * \mu_{ij}), \quad (12)$$

где R_k – значение результативного показателя, характеризующего k -тый блок проблем;

w_i – коэффициент значимости (весовой коэффициент) i -того частного показателя в общей оценке R_k ;

q_j – весовой коэффициент j -того уровня (значения терм-множества лингвистической переменной);

μ_{ij} – значение функции принадлежности i -того частного показателя (фактора) j -тому значению терм-множества.

Интегральное значение лингвистической переменной по матрице отражает степень снижения соответствующего барьера за период.

Результаты расчётов по этому методу ориентированы на оценку усилий предприятия по преодолению негативных факторов инновационного развития и предназначены для получения комплексной картины создания благоприятного фона для инновационной деятельности в рамках производственной системы.

В третьей главе «Диагностика и проектирование эффективного внедрения новых технологий для обеспечения развития производственной системы» представлены алгоритмы повышения равномерности развития производственной

системы в части повышения качества процессов. Расчёт долевой энтропии позволяет определить равномерность развития производственной системы по объёмным показателям инновационной деятельности. На аддитивной основе проводится структурный анализ ресурсосбережения по производственным подсистемам, по видам ресурсов. Объём относительной экономии по отдельному i -тому ресурсу рассчитывается по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{рес}i} = P_{\text{ф}i} - P_{\text{баз}i} * I_{\text{ДС}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{ДС}}$ – темп роста выхода продукции из данной подсистемы;

$P_{\text{ф}i}$, $P_{\text{баз}i}$ - фактический и базисный объём потребления i -того ресурса, соответственно.

По производственной подсистеме в целом относительная экономия рассчитывается путём суммирования по ресурсам и затратам:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{рес}}^{\text{пр.подс}} = \sum_{i=1}^n (P_{\text{ф}i} - P_{\text{баз}i} * I_{\text{ДС}}), \quad (14)$$

где n – количество видов ресурсов в системе.

Ресурсосбережение по производственной системе в целом:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{рес}}^{\text{общ}} = \sum_{j=1}^m \Delta \mathcal{E}_{\text{рес}}^{\text{пр.подс}j}, \quad (15)$$

где m – количество производственных подсистем.

Тогда суммарная энтропия системы элементов S составит:

$$H^d(S) = - \sum_{i=1}^n w_i^j \ln(w_i^j) \quad (16)$$

Где w_i^j - долевой вклад j -той подсистемы в экономию i -того ресурса, рассчитанный по формуле:

$$w_i^j = \frac{\Delta \mathcal{E}_{\text{рес}}^{\text{пр.подс}j}}{\Delta \mathcal{E}_{\text{рес}}^{\text{общ}}}, \quad (17)$$

Отношение фактического уровня долевой энтропии к максимальному ($H^d(S)^{\text{равн}}$) назовём коэффициентом равномерности:

$$K^{\text{равн}} = \frac{H^d(S)^{\text{равн}}}{H^d(S)_i} \quad (18)$$

Этот показатель позволяет оценить диспропорции в темпах развития инновационности элементов производственной системы. На его основе производится идентификация причин, снижающих получение относительной экономии, а также формирование блока рекомендаций, локализирующих и устраняющих структурную неравномерность ресурсосбережения по видам ресурсов и звеньям производственной системы, по ликвидации «узких мест» в использовании ресурсов и достижению сбалансированного внедрения ресурсосберегающих технологий.

В качестве алгоритма поиска по морфологической таблице используем древовидное конструирование производственной ситуации: определяются ресурсы, имеющие наибольший перерасход и анализируется соответствие сложившейся картины параметрам текущей производственной ситуации. Строится морфологическая таблица, где каждая ячейка представляет собой поле анализа возможностей преодоления потерь. Работа над составлением такой таблицы позволяет зондировать проблемные зоны развития производственной подсистемы, определяя причины перерасхода ресурсов. Конечной целью анализа становится проработка совокупности рекомендаций по целенаправленному устранению обнаруженных проблем.

Алгоритм представлен на рисунке 1.

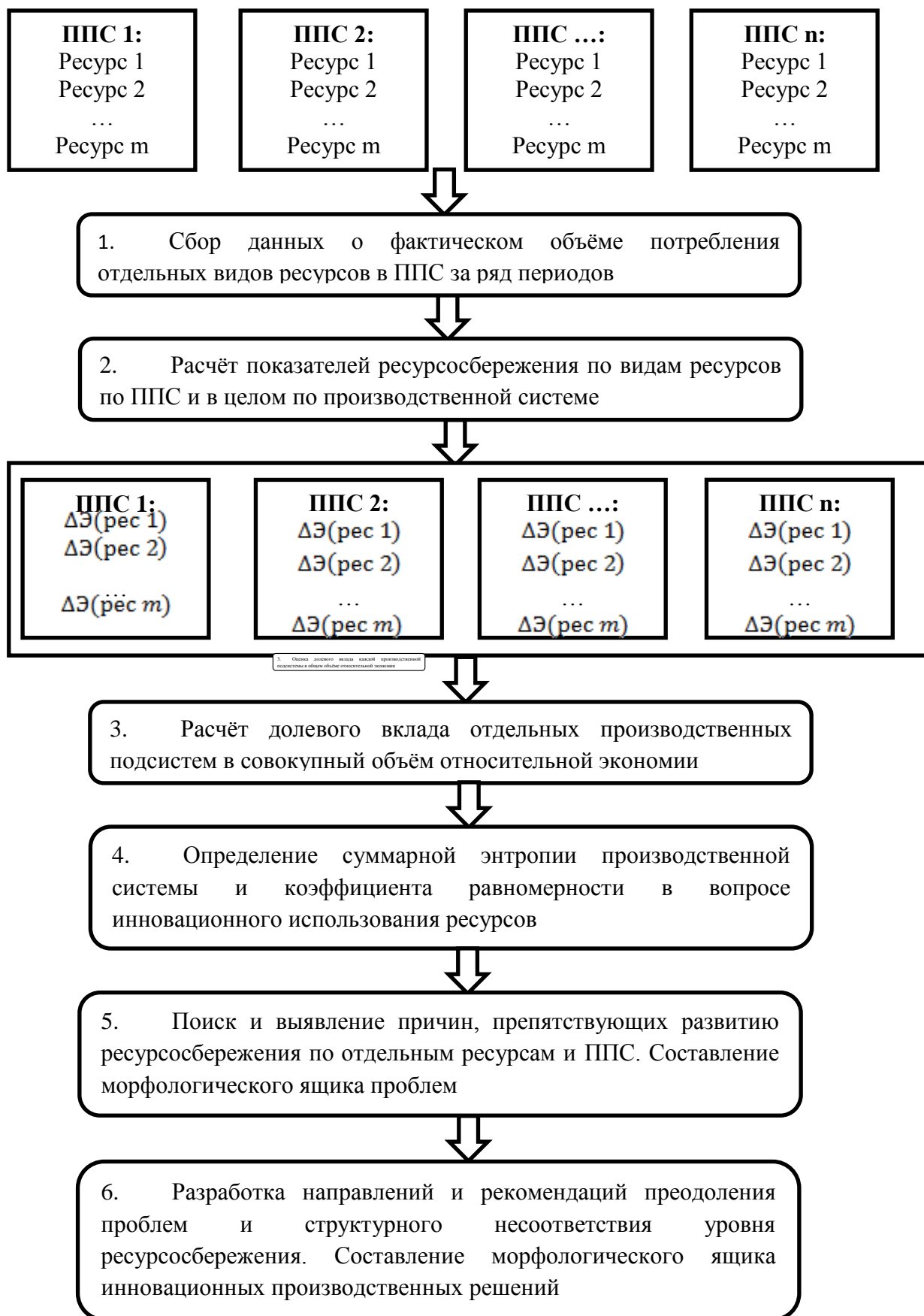


Рисунок 1 – Алгоритм оценки ресурсосбережения и эффективности использования ресурсов

В работе рассмотрен пример технологического развития производственной системы на основе внедрения интегрированной системы управления жизненным циклом изделия. PLM-система Gerber, внедрённая в ЗАО «Трибуна», привела к появлению таких положительных эффектов, как интенсификация процессов разработки, контроля, сбыта новых продуктов, рост коэффициента специализации на инновационной деятельности и рост удельного веса инновационных процессов по трудоёмкости. Вовлечение интеллектуальных ресурсов привело к росту информационной насыщенности производственной системы. Достигнуто существенное снижение длительности как производственного, так и сбытового цикла, уменьшение уровня брака. Проведённые расчёты подтверждают интенсификацию развития технологических процессов: более 80% прироста выпуска обусловлено ростом эффективности производственной деятельности. При внедрении PLM-технологии уровень устранения производственно-технологических барьеров проблем классифицирован как высокий.

В завершение главы предлагается использовать широкие возможности мониторинга и сбора производственных данных, заложенные в PLM-технологии, для разработки алгоритма своевременного предупреждения перебоев и нарушений функционирования системы на каждом производственном участке. В качестве основного направления преодоления производственной неэффективности сформирован алгоритм мониторинга и корректировки отклонения производственных параметров (отклонений по времени и ключевых характеристикам обработки изделий) от целевых значений. Алгоритм содержит сбор данных о функционировании объектов техники по целевым характеристикам и расчёт распределения вероятности их работы в допустимом диапазоне на основе принципов расчёта дискретной энтропии и вычисления параметров биномиального распределения. Для этого нужно проводить мониторинг качества работы инновационной техники по двум типам отклонений: - по отклонениям времени обработки изделия и по отклонению выходных параметров качества.

Единица оборудования рассматривается как источник дискретных сообщений - информационных сигналов, характеризующих параметры обработки предмета труда. Алгоритм устранения нарушений состоит из следующих этапов:

1. Заполнение контрольных карт.
2. Построение ряда распределения параметров производственных процессов
3. Получение характеристик и моментов распределения производственных параметров: математическое ожидание, дисперсия, коэффициенты асимметрии и эксцесса.

Вероятность протекания производственного процесса в целевом режиме определяется в соответствии с формулой Бернулли:

$$p_i = P_m^k = C_m^k p_{\text{Ацел}}^k q_{\text{нед}}^{m-k}, \quad (19)$$

где m – количество проведённых испытаний;

k – количество возможных появлений события в серии проведённых испытаний;

$p_{\text{Ацел}}$ – вероятность появления случайного события в каждом испытании;

$q_{\text{нед}}$ - вероятность ненаступления случайного события в каждом испытании (вероятность попадания значений в недопустимый интервал).

$$q_{\text{нед}} = 1 - p_{\text{Ацел}}, \quad (20)$$

4. Анализ энтропии целевых характеристик производственного процесса и колеблемости результатов производственных операций

$$H = - \sum_{j=1}^l p(\Delta x)_j \log p(\Delta x)_j dx, \quad (21)$$

где $p(\Delta x)$ - вероятности попадания значения величины в интервал квантования Δx от всего пространства значений;

l – количество интервалов квантования.

Причём вероятности попадания значения в каждый интервал $p(\Delta x)$ определяются как разность функций распределения исследуемого интервала:

$$p(\Delta x_{a-b}) = F(b) - F(a) \quad (22)$$

Приведённый алгоритм из пяти этапов позволяет выявить целевые параметры производственного процесса, их средний уровень, тенденции отклонений и меру разброса, сравнить их с требуемыми значениями, а также оценить распределение вероятностей штатного протекания процесса и уровень его хаотичности.

Если наблюдаются значимые отклонения и малая часть наблюдений соответствует целевым значениям с убедительной вероятностью, ситуация требует проведения дополнительного мониторинга и выявления резервов для повышения качества выходных параметров процесса. Так, применение методики в ЗАО Трибуна продемонстрировало необходимость тщательного контроля за отклонениями в параметре точности края, поскольку с вероятностью более 95% более половины значений будет превышать допустимые пределы отклонений по этому параметру.

В заключении сформулированы теоретические и практические результаты диссертационного исследования, представлены авторские выводы и рекомендации по исследуемым вопросам, подтверждающие достижение цели диссертационной работы.

В приложениях приведены обобщения и выводы по исследуемым вопросам в табличном виде, а также представлены шаблоны рабочих таблиц в соответствии с разработанными в диссертационной работе алгоритмами мониторинга и анализа производственной системы.

ВЫВОДЫ

Выбор и постановка актуальной научной проблемы, формулирование исследовательской цели, формирование перечня научных задач, определение методологических подходов, выводы, разработки и рекомендации, содержащиеся в диссертационной работе, являются результатом самостоятельного исследования автора. По результатам работы сформулированы следующие основные выводы:

1. Раскрыта взаимосвязь инновационной активности с сопутствующими ей категориями – интеллектуальностью системы, инновационным потенциалом, инновационной компетентностью; уточнён понятийной аппарат исследования.

2. Исследовано информационное и методическое обеспечение диагностики и управления производственными системами инновационного типа. Определено, что нечёткие подходы к описанию функционирования инновационных систем, инструментарий энтропийного анализа обеспечивают высокую гибкость, реалистичность моделей оценки и могут быть использованы для разработки алгоритмов идентификации, классификации, мониторинга и управления инновационными производственными системами.

3. В работе определена процедура динамического мониторинга совокупности производственно-технологических процессов, протекающих в системе, по n -мерному вектору количественных признаков инновационности. Разработан алгоритм динамической классификации технологических процессов.

4. Инновационный тип развития системы определяется как наличием устойчивых признаков высокого уровня инновационной активности, так и интенсивностью преодоления барьеров инновационного развития. Наглядность метода оценки инновационной активности может быть обеспечена введением холистической оценки, а визуализация достигается построением эллипса инновационной активности. Разработанная авторская классификация инновационных барьеров на уровне предприятия и комплекс характеризующих их показателей формируют методологический базис алгоритма диагностики их преодоления.

5. Проанализированы проблемы формирования алгоритмов ресурсосбережения как основной направляющей инновационного развития и повышения устойчивости производственной системы, что может быть положено в основу создания механизмов предупреждения перерасхода ресурсов. Подробный анализ основных источников перерасхода ресурсов из отечественной и мировой практики дополняет предложенный алгоритм, а принципы применения метода долевого энтропии служат целям мониторинга неравномерности ресурсосбережения в разрезе отдельных производственных подсистем.

6. Произведён сравнительный обзор PLM-технологий для лёгкой промышленности, их преимуществ как одного из инструментов повышения инновационной активности и устойчивости производственной системы; рассмотрены положительные эффекты её внедрения на конкретном примере. Предложено построение алгоритма мониторинга качества и корректировки отклонений в протекании производственных процессов на основе использования возможностей информационной поддержки в PLM-системах.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

Статьи в рецензируемых журналах, входящих в «Перечень ВАК РФ»

1. Томасова, Д.А. Методика экспресс-оценки инновационной активности производственной системы / Д.А. Томасова // Перспективы науки. – 2018. - № 10(109). С. 105-109.
2. Томасова, Д.А. Мониторинг отклонений качества инновационной продукции в швейном производстве / Д.А. Томасова // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. - № 11(89). С. 30-35.
3. Томасова, Д.А. Анализ и оценка рисков внедрения инновационного оборудования / Д.А. Томасова // Проблемы машиностроения и автоматизации. - 2019. - №3. - С. 52-58.

Прочие публикации

1. Томасова, Д.А. Инструментарий теории нечётких множеств как информационное и методологическое обеспечение производственного анализа / Д.А. Томасова // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». – 2018. - № 4(31). - С. 26-33.
2. Томасова, Д.А. Анализ российской инновационной среды с использованием коэффициента инновационной интенсивности экономики / Д.А. Томасова, Л.А. Шульгина // Инновации. – 2016. - №12. – С. 82-89.
3. Томасова, Д.А. Формирование и оценка ресурсосберегающих технологических процессов в инновационных производственных системах / Д.А. Томасова // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2018. - №2(18). С. 15-24.

4. Томасова, Д.А. Мониторинг и диагностика уровня инновационного развития производственной системы / Д.А. Томасова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – №2. – С. 65-70.
5. Tomasova, D.A. (2020) Analysis and assessment of innovative culture development / D.A. Tomasova // African Journal of Science, Technology, Innovation and Development, DOI: 10.1080/20421338.2019.1692461
6. Томасова, Д.А. Анализ тенденций, факторов и проблем развития инновационной активности региона: динамический подход к изучению инновационных процессов (монография) / Д.А. Томасова – СПб.: СПбГУПТД. – 2017. – 205 с.
7. Томасова, Д.А. Сущность и содержание инновационных барьеров российской экономики / Д.А. Томасова // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Сибай: Сибайская городская типография. – 19-20.05.2016. – С. 122-127.
8. Томасова, Д.А. Критерии оценки инновационных проектов и основы их формирования / Д.А. Томасова // Современный научный вестник. – 2014. – №15. – С. 81-93.
9. Томасова, Д.А. Энтропийная оценка равномерности инновационного развития регионов / Д.А. Томасова // Экономика, экология и общество России в 21-м столетии: сборник научных трудов 19-й Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехнического университета. – 15-16.05.2017. – С. 335-338.
10. Томасова, Д.А. Подходы и методы оценки инновационной активности предприятия / Д.А. Томасова // Экономика и менеджмент: от теории к практике / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону. – 2014. – С. 131-143.
11. Томасова, Д.А. Анализ понятия и содержания инноваций в современной экономике / Д.А. Томасова // Вестник молодых учёных Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2013. – Вып.2. – С. 38-44.
12. Томасова, Д.А. Основы и принципы разработки методики экспресс-оценки инновационного проекта / Д.А. Томасова // Экономика, экология и общество России в 21-м столетии: сборник научных трудов 15-й Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехнического университета. – 19-20.05.2013. – С. 413-416.
13. Томасова, Д.А. Нечётко-множественный подход к оценке риска инновационного проекта / Д.А. Томасова // The Way of Science, International scientific journal. – 2016. - №7 (29). - P. 53-59.
14. Томасова, Д.А. Методы и показатели комплексной оценки инновационной активности региона / Д.А. Томасова // ИнВестРегион. – 2015. №4. – С. 34-42.
15. Томасова, Д.А. Предварительная оценка инновационных проектов на основе матрицы реагирования на перемены / Д.А. Томасова // Экономическая наука и практика: материалы международной заочной научной конференции. – Чита: Изд-во Молодой учёный. – 2013. – С. 74-77.
16. Tomasova, D.A. Method of express-estimation of innovation project risk based on fuzzy-multiple approach / D.A. Tomasova // Annual Switzerland Business Research Conference. - Geneva, Switzerland – 12-13.10.2015. P. 31-48.