

Учредители:  
Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации,  
Межрегиональная общественная организация  
«Академия проблем качества»

## КАЧЕСТВО И ЖИЗНЬ

Научно-производственный  
культурно-образовательный журнал

**2026 № 2(50)**

Свидетельство о регистрации в Роскомнадзоре  
ПИ № 77-16571 от 13.10.2003  
ISSN 2312-5209  
Подписной индекс Пресса России – 43453

### Редакционная коллегия:

**Б.В. Бойцов** (главный редактор), д.т.н., проф.,  
засл. деятель науки РФ;

**М.Ю. Куприков**, д.т.н., проф.;

**К.В. Леонидов**;

**А.И. Ресинец**, канд. воен. наук, доцент;

**Е.П. Плавельский**, д.т.н., проф.;

**А.Е. Плавельский**, к.т.н.;

**Г.Н. Иванова**, к.э.н., доцент;

**И.А. Сосунова**, д.социол.н., проф.;

**Ю.И. Денискин**, д.т.н., проф.;

**М.М. Копкина** (отв. секретарь),

Издатель – Межрегиональная общественная  
организация «Академия проблем качества  
им. В.В. Бойцова»  
117393, Москва, ул. Профсоюзная, д. 78, стр. 1  
Тел./факс: (499) 236-1536, www.academquality.ru

### Редакционный совет:

**Г.И. Элькин** (*председатель*), д.э.н.;

**А.П. Шалаев**;

**В.Н. Азаров**, д.т.н., проф.;

**В.Ф. Безъязычный**, д.т.н., проф.;

**В.Я. Белобрагин**, д.э.н., проф.;

**А.Б. Бельский**, д.т.н., проф., доцент;

**Б.В. Бойцов**, д.т.н., проф.;

**И.Н. Бокарев**, д.мед.н., проф.;

**В.А. Васильев**, д.т.н., проф.;

**С.А. Васин**, д.т.н., проф.;

**А.В. Евсеев**, д.т.н., доцент;

**С.Г. Емельянов**, д.т.н., проф.;

**Ю.В. Илюхин**, д.т.н., проф.;

**Л.К. Исаев**, д.т.н., проф.;

**И.А. Коровкин**, к.э.н.;

**Ю.В. Крянев**, д.филос.н., проф.;

**В.И. Кулайкин**, к.п.н.;

**В.В. Окрепилов**, д.э.н., проф., акад. РАН;

**М.А. Погосян**, д.т.н., проф., доцент, акад. РАН;

**М.Л. Рахманов**, д.т.н., проф., доцент;

**А.К. Скворчевский**, д.т.н., проф.;

**Н.Б. Топоров**, д.т.н., проф.;

**Б.А. Якимович**, д.т.н., проф.

# СОДЕРЖАНИЕ

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ. ЦИФРОВИЗАЦИЯ

**Масленникова Ю.Л., Коротаяев Г.Н.**

**Адаптивность MES-систем в условиях изменчивости  
параметров производственных процессов ..... 3**

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

**Мешалкин В.П., Позднеев Б.М.,  
Самошкин М. М.**

**Современное состояние и перспективы организации  
цифровой трансформации теплоэнергетических  
предприятий ..... 11**

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

**Голубева О.А., Димитров В. П.**

**Исследование качественных показателей  
термостойкости кожевенных материалов ..... 17**

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Бойцов Б.В., Башаров Е.А., Ресинец А.А.**

**Анализ применения углепластиков в лопастях  
несущего винта с учетом качества изготовления ..... 22**

**Бойцов Б.В., Башаров Е.А., Ресинец А.И.**

**Исследование и анализ влияния точности определения  
значений критерия разрушения на качество  
проектирования композитных втулочных элементов  
несущего винта вертолета ..... 31**

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Олаев В.А., Семенов В.Л.**

**Организация производства и анализ воздействия  
введения цифрового завода на отбор  
сотрудников компании ..... 39**

# СОДЕРЖАНИЕ

## Ответственный

за выпуск: М.М. Копкина

## Редактор и корректор:

Е.В. Масибута

## Дизайн и компьютерная верстка:

Ж.И. Егорова

## Работа с авторами

### и подписчиками:

Н.С. Боцманова,

В.Ю. Ивашкова

Е.А. Солнцева

Тел/факс: (499) 236-35-84,

e-mail: ql-mail@mail.ru

Подписано в печать 19.07.2026

Бумага мелованная. Заказ №

Формат 60×90/8

Гарнитура YanusC, Minion Pro

Печать офсетная

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии

ООО «Полиформат», Москва

Мнение авторов статей может  
не совпадать с мнением редакции.

Перепечатка материалов,

а также полное или частичное  
воспроизведение

их в электронном виде

возможны только с письменного  
разрешения издателя.

Ссылка на журнал обязательна.

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

**Бабин Н.Н., Халепа С.Л., Марчук В.Л.**

Проблемы устойчивого развития  
в современном мире ..... 45

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

**Вольнов А.С., Косых Д.А., Явкина Д.И.,  
Лимарев А.С., Глушков И.Н., Герасименко И.В.**

Разработка предложений по управлению рисками проекта  
при внедрении интегрированной системы менеджмента  
на промышленных предприятиях ..... 49

**Лыгин Ю.О., Бром А.Е.**

Технологическое обеспечение качества червячных колес  
лифтовых редукторов ..... 61

**Храмов А.Н., Бежинару И.В.,  
Харитонов Д. В.**

Организация контроля качества технологического процесса  
приготовления водного шликера из кварцевого стекла.  
Часть I ..... 65

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

**Рахманов М.Л., Коробейников Э. Е.**

Нормативное правовое регулирование туристских троп  
в Российской Федерации: текущее состояние  
и системные проблемы ..... 73

## СТРАНИЧКА ЦСМ

**ФБУ «Государственный региональный центр  
стандартизации, метрологии и испытаний  
в Красноярском крае, Республике Хакасия  
и Республике Тыва» отмечает 100-летний юбилей ..... 77**



# Адаптивность MES-систем в условиях изменчивости параметров производственных процессов

## Ю.Л. Масленникова,

канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Промышленная логистика»,  
МГТУ имени Н.Э. Баумана; Москва  
SPIN-код: 5503-9030  
e-mail: maslennikova.yuliya@yandex.ru

## Г.Н. Коротаев,

магистрант, МГТУ имени Н.Э. Баумана;  
Москва  
e-mail: korotaevgn@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема адаптивности MES-систем в условиях высокой вариативности производственных параметров. Традиционные методологии построения MES ориентированы на статические детерминированные модели процессов и ограниченно учитывают изменчивость производственной среды.

**Ключевые слова:** MES, адаптивные системы, управление производством, вариативность параметров, цифровизация промышленности.

**Summary.** This paper addresses the problem of MES adaptability under conditions of high variability in production parameters. Traditional MES design methodologies are oriented towards static, deterministic process models and provide limited accommodation of production environment variability.

**Keywords:** MES, adaptive systems, production management, parameter variability, and industrial digitalization.

## Введение

Современные промышленные предприятия функционируют в условиях высокой динамики: сокращение этапов жизненного цикла продукции, рост индивидуализации заказов, нестабильность поставок, что ведет к необходимости оперативного

реагирования на отклонения производственного процесса. В этих условиях ключевую роль играют информационные системы оперативного управления производством, к числу которых относятся MES-системы. Традиционно MES-системы рассматриваются как связующее звено между уровнями ERP и АСУ ТП, обеспечивающее диспетчеризацию, мониторинг и контроль выполнения производственных операций. Однако большинство существующих реализаций MES-систем базируется на предположении относительной стабильности производственных процессов и заранее заданных регламентов. Это приводит к снижению эффективности системы при возникновении отклонений, требующих нестандартных управленческих решений. В связи с этим возникает необходимость перехода от жестко регламентированных MES-систем к адаптивным системам, способным изменять свое поведение в зависимости от текущего состояния производственной среды и набора воздействующих факторов.

## Основная проблематика статьи

Актуальность исследования обусловлена противоречием между растущей сложностью и изменчивостью производственных процессов и ограниченной гибкостью традиционных MES-систем. В условиях вариативности производства, нарушения ритмичности поступлений сырья при изменении поставщиков и изменении приоритизации производства изделий в зависимости от их статуса и иных позиций MES-система должна не только фиксировать отклонения, но и активно адаптироваться к ним, обеспечивая устойчивость и оптимальность производственного исполнения.

Вопросы интеграции и стандартизации систем среднего уровня иерархии управления производством давно привлекают внимание мирового научно-технического сообщества. Ключевую роль в формировании нормативно-методической базы для MES-систем играет семейство стандартов IEC 62264 (международный аналог ANSI/ISA-95), определяющих модели и интерфейсы для вертикаль-

ной интеграции систем управления предприятием (уровень ERP) и систем управления производством (уровень MES/MOM) [1]. Данный стандарт задает иерархическую архитектуру автоматизации в виде так называемой пятиуровневой пирамиды, в которой MES-системы занимают третий уровень, обеспечивая связь между стратегическим планированием и непосредственным управлением технологическими процессами. Дополнительно стандарт ISA-88 (IEC 61512) регламентирует модели управления периодическими производственными процессами и вводит понятие рецептурного управления, что формирует основу для описания адаптируемых производственных маршрутов [2]. В контексте цифровой трансформации производств набирает значимость концепция Industrie 4.0, в рамках которой стандарт IEC 62890 определяет требования к управлению жизненным циклом систем и изделий, а стандарты серии IEC 63088 и платформа RAMI 4.0 (Reference Architectural Model Industrie 4.0) описывают принципы горизонтальной и вертикальной интеграции киберфизических систем, в том числе применительно к системам производственного исполнения [3].

Вместе с тем анализ действующей российской нормативно-технической базы показывает, что отечественные государственные стандарты, непосредственно регламентирующие архитектуру, функциональные требования и методологию проектирования MES-систем применительно к задачам адаптивного управления производством, в настоящее время отсутствуют. Принятые в России стандарты серии ГОСТ Р МЭК 62264 представляют собой прямые переводные заимствования лишь части международного семейства IEC 62264 и не содержат дополнительных требований, учитывающих специфику отечественного производственного контекста [4]. При этом принципиально важная четвертая часть стандарта – IEC 62264-4:2016 [5], определяющая объектные модели и атрибуты информационного обмена между функциями управления производственными операциями внутри третьего уровня иерархии, – в России в качестве национального стандарта так и не была принята [6]. Именно эта часть наиболее близка к описанию конкретных информационных объектов MES-систем: производственных нарядов, ресурсов, маршрутов, показателей исполнения. Ее отсутствие в российском нормативном поле дополнительно усугубляет существующий пробел и лишает отечественных разработчиков MES-систем формализованной отечественной основы для проектирования информационных моделей уровня диспетчеризации и оперативного управления. Таким образом, российские предприятия при проектировании и

модернизации MES-систем вынуждены опираться исключительно на зарубежную нормативную базу, которая при этом, задавая архитектурные и интеграционные модели, не предписывает конкретных методологических решений для формализации динамических параметров производственной среды и их включения в контур оперативного управления. Это обуславливает актуальность разработки методологических подходов, которые, опираясь на существующую международную нормативную базу, конкретизировали бы механизмы обеспечения адаптивности MES-систем применительно к задачам управления в условиях высокой вариативности производственных параметров.

Принципиальным следствием обозначенного нормативного и методологического пробела является несоответствие формальных моделей, положенных в основу традиционных MES-систем, реальным условиям производственного исполнения. Основная проблема заключается в том, что существующие методологии проектирования MES-систем ориентированы на:

1. Фиксированные маршруты производства;
2. Статические производственные нормативы;
3. Заранее определенные роли пользователей и сценарии принятия решений;
4. Ограниченный набор входных данных.

В результате MES-система становится плохо масштабируемой и требует значительных трудозатрат при изменении производственных условий [7, 8].

Как итог, научная задача данной работы заключается в определении того, какие элементы MES-системы необходимо доработать, чтобы обеспечить их адаптивность к изменяющемуся набору переменных производственной среды.

В рамках данного исследования использовался комплексный системный подход к анализу MES-систем как многоуровневых информационно-управляющих систем, функционирующих в контуре оперативного управления производством. В качестве теоретической базы исследования была использована унифицированная модель производственных систем [9], описывающая взаимодействие уровней планирования, диспетчеризации и мониторинга производственных процессов, а также методологические подходы к цифровизации и автоматизации производственных систем [10]. Дополнительно учитывались результаты анализа практических примеров внедрения MES-систем на предприятиях с различными типами производства, включая дискретное и мелкосерийное производство, характеризующееся высокой вариативностью параметров [11, 12].

Метод исследования основывается на анализе заложенных в системе параметров и их дальней-



шего пересмотра и систематизации в целях обеспечения гибкости, адаптивности под внешние и внутренние изменяющиеся факторы. Далее осуществлялась идентификация возможных параметров и факторов, влияющих на поведение системы в процессе производственного исполнения, с последующей классификацией этих параметров по функциональному и управленческому признакам и последующий синтез в единую формулу состояния системы.

В ходе исследования установлено, что основой функционирования MES-систем являются производственно-технологические переменные, отражающие текущее состояние технологического процесса. К данной группе относятся параметры фактической загрузки оборудования, уровень его технического состояния, норма времени одной операции, а также возможность использования альтернативных маршрутов выполнения операций [13]. Анализ показал, что в традиционных MES-системах данные переменные, как правило, используются исключительно для мониторинга и регистрации отклонений, однако не включаются в контур автоматического изменения логики управления [14, 15]. Для повышения адаптивности системы требуется переход к параметрическим моделям технологических процессов, в которых изменение значений указанных переменных приводит к пересчету производственных маршрутов и временных нормативов в режиме, близком к реальному времени.

Ресурсные переменные также оказывают существенное влияние на адаптивность MES-систем, особенно в условиях нестабильной доступности производственных и иных ресурсов. К данной группе показателей можно отнести доступность персонала, а также уровень обеспеченности материалами и полуфабрикатами. В большинстве существующих реализаций MES-систем данные параметры учитываются на этапе планирования, но слабо интегрированы в процессы оперативного управления. В адаптивной MES-системе ресурсные переменные должны рассматриваться как динамические параметры, изменение которых инициирует корректировку очередности операций, перераспределение загрузки оборудования и изменение приоритетов выполнения заказов.

Организационно-управленческие переменные формируют контекст принятия оперативных решений и определяют поведение MES-системы в условиях конфликтующих целей и ограничений. К данной группе относятся приоритеты заказов и отклонения от производственного плана [16]. Традиционные MES-системы фиксируют управленческие

решения, но не обладают механизмами их формализации и дальнейшего использования в качестве входных параметров управления. Для повышения адаптивности предлагается создать возможность изменения приоритетов заказов по ходу производственного процесса, что позволяет системе и автоматически корректировать сценарии производственного исполнения без полной перенастройки системы.

Внешние переменные, характеризующие влияние факторов внешней среды, являются наименее формализованными, но при этом оказывают значительное воздействие на плановые параметры производственного процесса. К ним относятся сбои в поставках [17], изменения требований заказчиков, а также нормативные и регуляторные ограничения. Результаты анализа показывают, что большинство MES-систем рассматривают внешние воздействия как исключительные ситуации, обрабатываемые вручную. В рамках адаптивного подхода предлагается интеграция механизмов обработки внешних событий, позволяющих системе учитывать их влияние на производственные параметры и заранее корректировать планы и маршруты выполнения операций.

Также для обеспечения адаптивности MES-систем требуется комплексная доработка методологии их проектирования и функционирования. В первую очередь необходим переход от статических моделей производственных процессов к событийно-ориентированным моделям, в которых ключевые технологические, ресурсные и управленческие переменные рассматриваются как изменяемые и используются в контуре принятия оперативных решений.

Стоит отметить, что все приводимые авторами переменные составляют достаточный, но не полный перечень параметров, влияющих на принятие решений, которые могут быть использованы в MES-системах. Их количество и значения могут зависеть как от необходимой точности и эффективности работы для планирования на конкретном производстве, так и от специфики отрасли, внутри которой находится рассматриваемое предприятие. Поэтому для создания адаптивности требуется не только использование динамических параметров, но и возможность дополнения перечня новыми переменными, необходимыми для планирования в той или иной производственной ситуации. Методология MES-системы должна предусматривать возможность динамической перенастройки бизнес-логики без изменения программного кода, что достигается за счет формализации правил управления и их привязки к текущему контексту производственной среды.

Существенным элементом методологических доработок является расширение роли аналитических модулей, обеспечивающих обработку потоков производственных данных и формирование рекомендаций по корректировке маршрутов, расписаний и приоритетов выполнения операций. Кроме того, требуется внедрение контекстных моделей управления, позволяющих учитывать внешние и организационно-управленческие факторы как полноправные входные параметры системы, а также интеграция механизмов обработки неопределенности и отклонений, обеспечивающих устойчивость MES-системы в

условиях вариативности производственных параметров.

В табл. 1 представлено сравнение основных переменных (параметров) детерминированной и адаптивной MES-систем. Переменные адаптивной системы рассматриваются как функции по времени и необходимы для использования MES-системой в качестве входных параметров для динамического пересчета маршрутов, расписаний и приоритетов выполнения производственных операций.

В табл. 2 представлен расширенный перечень переменных для описания динамически изменяемой системы.

Таблица 1. Сравнение параметров детерминированной и адаптивной MES-систем

Группа переменных	Переменная	Детерминированная MES-система	Адаптивная MES-система
Производственно-технологические	Время операции	$T_i = const$ (неизменное)	$T_i(t)$
Производственно-технологические	Текущая нагрузка оборудования	$L_{m3} = const$ (фиксированная)	$L_{m3}(t)$
Ресурсные	Доступность персонала	$P_{avail} = const$ (фиксированная)	$P_{avail}(t)$
Ресурсные	Обеспеченность материалами	$M_{stock} = const$ (плановая)	$M_{stock}(t)$
Организационно-управленческие	Приоритет заказа	$Pr_i = const$ (статичная)	$Pr_i(t)$

Таблица 2. Перечень переменных адаптивной MES-системы

Группа переменных адаптивной MES-системы	Переменная	Формульное представление	Пояснение/Значения
Производственно-технологические	Время операции	$T_i(t)$	Норма времени обработки / (мин.)
Производственно-технологические	Текущая нагрузка оборудования	$L_{m3}(t) = \frac{T_{busy}(t)}{T_{avail}(t)}$	Доля времени, в течение которого оборудование занято выполнением операций / (мин.)
Производственно-технологические	Коэффициент технического состояния оборудования	$K_{tech}(t) = 1 - \frac{T_{fail}(t)}{T_{oper}(t)}$	Характеризует надежность и степень деградации оборудования / (коэфф.)
Производственно-технологические	Доступность альтернативных маршрутов	$A_{route}(t) = \frac{N_{alt}(t)}{N_{total}}$	Отношение числа допустимых маршрутов к общему числу / (коэфф.)
Ресурсные	Доступность персонала	$P_{avail}(t) = \frac{N_{fact}(t)}{N_{req}(t)}$	Уровень обеспеченности персоналом относительно потребности / (коэфф.)
Ресурсные	Обеспеченность материалами	$M_{stock}(t) = \frac{V_{fact}(t)}{V_{plan}(t)}$	Степень соответствия фактических запасов плановым / (коэфф.)



Продолжение таблиц 2.

Группа переменных адаптивной MES-системы	Переменная	Формульное представление	Пояснение/Значения
Организационно-управленческие	Приоритет заказа	$Pr_i(t) \in N, Pr_i \geq 1$	Относительный приоритет выполнения заказа
Организационно-управленческие	Отклонение производственного плана	$\Delta S(t) = S_{fact}(t) - S_{plan}(t)$	Фактическое отклонение от планового графика/(ед.)
Внешние	Индекс стабильности поставок	$S_{sup}(t) = 1 - \frac{N_{delay}(t)}{N_{sup}(t)}$	Надежность выполнения поставок/(индекс)
Внешние	Коэффициент изменения требований заказчика	$C_{cust}(t) = \frac{N_{change}(t)}{N_{orders}}$	Частота изменения требований/(коэфф.)

Итого детерминированная модель MES-системы, имеющей формулу:

$$S = F(T_i, L_{eq}, M_{stock}, Pr_i)$$

где  $S$  – это состояние системы, может быть преобразована в адаптивную модель:

$$\frac{dS(t)}{dt} = F(S(t), T_i(t), L_{mz}(t), K_{tech}(t), A_{route}(t), P_{avail}(t), M_{stock}(t), Pr_i(t), \Delta S(t), S_{sup}(t), C_{cust}(t)).$$

Таким образом, проблема адаптивности MES-систем имеет не столько технологический, сколько методологический характер. Большинство существующих MES-решений обладает достаточными средствами сбора и хранения данных, однако используемые модели управления производственным исполнением ориентированы на заранее заданные сценарии и слабо приспособлены к работе в условиях динамически изменяющегося производственного контекста. Это приводит к тому, что система фактически выполняет роль инструмента мониторинга и регистрации отклонений, а принятие любых оперативных решений остается за человеком.

Предложенный в работе подход к расширению методологии MES-систем позволяет по-новому рассмотреть роль переменных производственной среды. Их интерпретация как динамических входных параметров управления создает предпосылки для формирования более гибких алгоритмов диспетчеризации и управления ресурсами. При этом адаптивность системы достигается не за счет увеличения числа жестких правил, а за счет параметризации управленческой логики, описывающей текущее состояние производства. Такой подход

согласуется с современными тенденциями развития интеллектуальных производственных систем и концепцией цифрового производства.

В то же время повышение адаптивности MES-системы неизбежно связано с рядом ограничений и рисков. В первую очередь возрастает зависимость системы от качества и полноты входных данных [18]. Недостоверные или запаздывающие данные о состоянии оборудования, ресурсах или внешних воздействиях могут приводить к некорректным управленческим решениям. Кроме того, усложнение логики управления требует более высокой вычислительной мощности и увеличивает требования к надежности инфраструктуры, что может быть критично для предприятий с ограниченными ресурсами цифровизации.

Отдельного внимания требует вопрос баланса между адаптивностью и управляемостью системы. Чрезмерная автономность MES-системы без четко заданных ограничений и правил может привести к снижению прозрачности принимаемых решений и усложнению контроля со стороны управленческого персонала. В связи с этим представляется целесообразным рассматривать адаптивную MES-систему как человеко-машинную систему, в которой автоматические механизмы адаптации дополняют, но не полностью заменяют управленческие решения специалистов.

Таким образом, предложенные методологические доработки создают основу для перехода от традиционных MES-систем к адаптивным системам управления производственным исполнением. Вместе с тем их практическая реализация требует комплексного подхода, включающего развитие инфраструктуры сбора данных, повышение цифровой зрелости персонала и формирование четких регламентов взаимодействия человека и системы в контуре оперативного управления производством.

## Заключение

В результате проведенного исследования была рассмотрена проблема адаптивности MES-систем в условиях высокой вариативности производственных параметров, характерной для современных промышленных предприятий. Показано, что традиционные методологии проектирования и внедрения MES-систем ориентированы преимущественно на статические модели производственных процессов и ограниченно учитывают динамику технологических, ресурсных и организационно-управленческих факторов, что снижает эффективность их применения в условиях нестабильной производственной среды.

В ходе работы был сформирован структурированный перечень ключевых переменных, оказывающих влияние на поведение MES-системы, и обоснована необходимость их учета в качестве динамических входных параметров системы управления производственным исполнением. Установлено, что повышение адаптивности MES-системы требует перехода от жестко регламентированных алгоритмов управления к параметрическим и событийно-ориентированным моделям, обеспечивающим возможность оперативной корректировки маршрутов, расписаний и приоритетов выполнения производственных операций без необходимости глубокой перенастройки системы.

Также показано, что методологические доработки MES-систем должны затрагивать не только уровень данных и аналитики, но и уровень управленческой логики, включая формализацию управленческого контекста и механизмов обработки внешних воздействий. Это позволяет рассматривать MES-систему как активный элемент системы управления производством, способный поддерживать устойчивость и эффективность производственного процесса в условиях неопределенности.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации MES-систем на предприятиях с гибкими и многономенклатурными типами производства. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой формализованных моделей оценки адаптивности MES-систем и внедрением интеллектуальных методов принятия решений, направленных на повышение автономности и устойчивости систем оперативного управления производством.

## Источники

1. IEC 62264-1:2013. Enterprise-control system integration – Part 1: Models and terminology. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2013. 154 p.

2. IEC 61512-1:1997. Batch control – Part 1: Models and terminology. Geneva: International Electrotechnical Commission, 1997. 136 p.

3. Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0 // Business & Information Systems Engineering. 2014. Vol. 6, No. 4. P. 239–242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.

4. ГОСТ Р МЭК 62264-1-2014. Интеграция систем управления предприятием. Часть 1. Модели и терминология. М.: Стандартинформ, 2016. 73 с.

5. IEC 62264-4:2016. Enterprise-control system integration – Part 4: Objects and attributes for manufacturing operations management integration. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2016.

6. ПНСТ 172-2016/МЭК 62264-4-2016. Интеграция систем управления предприятием. Часть 4. Атрибуты и объекты для интеграции управления производственными операциями. М.: Стандартинформ, 2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142691> (дата обращения: 28.03.2026).

7. Münstermann N., Junglas S., Perau M., Kapella C., Schröer T., Boos W. Adaptable Manufacturing Execution Systems for Scalable Production // Procedia CIRP. 2025. Vol. 134. P. 337–342. DOI: 10.1016/j.procir.2025.03.041.

8. Shojaeinasab A., Charter T., Jalayer M., Khadivi M., Ogunfowora O., Raiyani N., Yaghoubi M., Najjaran H. Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review // Journal of Manufacturing Systems. 2022. Vol. 62. P. 503–522. DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.01.004.

9. Коротаев Г.Н., Масленникова Ю.Л., Терентьев А.И. Описание сквозных процессов разработки и производства изделия в организациях полного цикла // Пятнадцатые Чарновские чтения: Сб. тр. XV Всерос. науч. конф. по организации производства. Москва, 5 декабря 2025 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, НП «Объединение контроллеров», 2025. С. 254–259.

10. Коротаев Г.Н., Масленникова Ю.Л. Методический подход к созданию сквозной архитектуры автоматизированных систем управления проектированием и производством // Цифровое материаловедение: Сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. Москва, 24–25 ноября 2025 г. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. С. 82–87.

11. Шутиков М.А., Феофанов А.Н. Влияние показателя общей эффективности оборудования на контроль деталей после особо ответственной технологической операции с дальнейшим планирова-



нием производственного расписания на предприятиях мелкосерийного типа производства // Вестник МГТУ «Станкин». 2023. № 1(64). С. 123–131. URL: [https://stankin.ru/upload/files/file\\_641308b2c7ad1.pdf](https://stankin.ru/upload/files/file_641308b2c7ad1.pdf) (дата обращения: 10.03.2026).

12. Мустафаева С.Р., Шакиртянов Б.Р. Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях устойчивого развития // Экономические науки. 2025. № 5(246). С. 45–54. DOI: 10.14451/1.246.255. URL: [https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202505\\_255.pdf](https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202505_255.pdf) (дата обращения: 10.03.2026).

13. Загидуллин Р.Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 372 с.

14. Пульнов Д.К. Анализ существующих систем мониторинга производственных процессов: современное состояние и перспективы развития // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 4. URL: <https://esj.today/PDF/34ECVN425.pdf>.

15. Туктарова В.В. MES-системы для управления производством // «Россия молодая»: XVII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, 22–25 апреля 2025 г. 2025. Статья 313103. URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2025/>

RM25/pages/Articles/313103.pdf (дата обращения: 28.02.2026).

16. Бром А.Е., Масленникова Ю.Л. Оценка организационной устойчивости опытного производства с учетом приоритетности выполнения заказов // Автоматизация в промышленности. 2021. № 8. С. 39–42. DOI: 10.25728/avtprom.2021.08.06. EDN: VWMNBA.

17. Шошков Н.О. Корпоративные информационные системы для создания цифрового двойника цепи поставок дискретного производства // Системный анализ в проектировании и управлении: Сб. науч. тр. XXVII Междунар. науч.-практ. конф., 13–14 октября 2023 г. СПб.: Политех-Пресс, 2024. Ч. 1. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id24-53. URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/id24-53.pdf/en/info> (дата обращения: 28.02.2026).

18. Ингеманссон А.Р. Технологические составляющие цифровизации производственного процесса на машиностроительном предприятии // Научные технологии в машиностроении. 2024. № 8(158). С. 41–48. DOI: 10.30987/2223-4608-2024-41-48. URL: <https://bstu.editorum.ru/ru/nauka/article/86741/view> (дата обращения: 28.02.2026).

## References

1. IEC 62264-1:2013. Enterprise-control system integration – Part 1: Models and terminology. Geneva, International Electrotechnical Commission, 2013. 154 p.
2. IEC 61512-1:1997. Batch control – Part 1: Models and terminology. Geneva, International Electrotechnical Commission, 1997. 136 p.
3. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., Hoffmann, M. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering. 2014, vol. 6, no. 4, pp. 239–242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.
4. GOST R MEK 62264-1—2014. Integratsiya sistem upravleniya predpriyatiyem. Chast' 1. Modeli i terminologiya [Enterprise-control system integration. Part 1. Models and terminology]. Moscow, Standartinform, 2016. 73 p.
5. IEC 62264-4:2016. Enterprise-control system integration – Part 4: Objects and attributes for manufacturing operations management integration. Geneva, International Electrotechnical Commission, 2016.
6. PNST 172—2016/MEK 62264-4—2016. Integratsiya sistem upravleniya predpriyatiyem. Chast' 4. Atributy i ob'yekty dlya integratsii upravleniya proizvodstvennymi operatsiyami [Enterprise-control system integration. Part 4. Objects and attributes for manufacturing operations management integration]. Moscow, Standartinform, 2016, available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200142691>. (accessed: 28.02.2026).
7. Münstermann, N., Junglas, S., Perau, M., Kapella, C., Schröer, T., Boos, W. Adaptable Manufacturing Execution Systems for Scalable Production. Procedia CIRP. 2025, vol. 134, pp. 337–342. DOI: 10.1016/j.procir.2025.03.041.
8. Shojaeinasab, A., Charter, T., Jalayer, M., Khadivi, M., Ogunfowora, O., Raiyani, N., Yaghoubi, M., Najjaran, H. Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review. Journal of Manufacturing Systems. 2022, vol. 62, pp. 503–522. DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.01.004.
9. Korotaev, G.N., Maslennikova, Yu.L., Terent'yev, A.I. Opisanie skvoznykh protsessov razrabotki i proizvodstva izdeliya v organizatsiyakh polnogo tsikla [Description of end-to-end product development and

manufacturing processes in full-cycle organisations]. Pyatnadtsatyye Charnovskiye Chteniya: sb. tr. XV Vseros. nauch. konf. po organizatsii proizvodstva [15th Charnov Readings: Proc. of the 15th All-Russian Scientific Conference on Production Organisation]. Moscow, December 5, 2025. Moscow, Bauman Moscow State Technical University, 2025, pp. 254–259.

10. Korotaev, G.N., Maslennikova, Yu.L. Metodicheskiy podkhod k sozdaniyu skvoznoy arkhitektury avtomatizirovannykh sistem upravleniya proyektirovaniyem i proizvodstvom [Methodological approach to developing an end-to-end architecture of automated design and production management systems]. Tsifrovoye materialovedeniye: sb. st. II Vseros. nauch.-prakt. konf. [Digital Materials Science: Proc. of the 2nd All-Russian Scientific-Practical Conference]. Moscow, November 24–25, 2025. Moscow, Bauman Moscow State Technical University, 2025, pp. 82–87.

11. Shutikov, M.A., Feofanov, A.N. Vliyaniye pokazatelya obshchey effektivnosti oborudovaniya na kontrol' detaley posle osobo otvetstvennoy tekhnologicheskoy operatsii s dal'neyshim planirovaniyem proizvodstvennogo raspisaniya na predpriyatiyakh melkoseriynogo tipa proizvodstva [The influence of overall equipment effectiveness on part inspection after critical technological operations with subsequent production scheduling at small-batch manufacturing enterprises]. Vestnik MGTU «Stankin». 2023, no. 1(64), pp. 123–131, available at: [https://stankin.ru/upload/files/file\\_641308b2c7ad1.pdf](https://stankin.ru/upload/files/file_641308b2c7ad1.pdf) (accessed: 10.03.2026).

12. Mustafayeva, S.R., Shakirt'yanov, B.R. Tsifrovaya transformatsiya promyshlennykh predpriyatiy v usloviyakh ustoychivogo razvitiya [Digital transformation of industrial enterprises in the context of sustainable development]. Ekonomicheskiye nauki. 2025, no. 5(246), pp. 45–54. DOI: 10.14451/1.246.255, available at: [https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202505\\_255.pdf](https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202505_255.pdf) (accessed: 10.03.2026).

13. Zagidullin, R.R. Upravleniye mashinostroitel'nykh proizvodstvom s pomoshch'yu sistem MES, APS, ERP [Management of machine-building production using MES, APS and ERP systems]. Staryy Oskol, TNT, 2011. 372 p.

14. Pul'nov, D.K. Analiz sushchestvuyushchikh sistem monitoringa proizvodstvennykh protsessov: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya [Analysis of existing production process monitoring systems: current state and development prospects]. Vestnik yevraziyskoy nauki. 2025, vol. 17, no. 4, available at: <https://esj.today/PDF/34ECVN425.pdf>.

15. Tuktarova, V.V. MES-sistemy dlya upravleniya proizvodstvom [MES systems for production management]. «Rossiya molodaya»: XVII Vseros. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh [«Young Russia»: 17th All-Russian Scientific-Practical Conference of Young Scientists], April 22–25, 2025. 2025, article 313103, available at: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2025/RM25/pages/Articles/313103.pdf> (accessed: 28.02.2026).

16. Brom, A.E., Maslennikova, Yu.L. Otsenka organizatsionnoy ustoychivosti opytного proizvodstva s uchetom prioritnosti vypolneniya zakazov [Assessment of organisational resilience of pilot production with regard to order execution priorities]. Avtomatizatsiya v promyshlennosti. 2021, no. 8, pp. 39–42. DOI: 10.25728/avtprom.2021.08.06. EDN: VWMNBA.

17. Shoshkov, N.O. Korporativnyye informatsionnyye sistemy dlya sozdaniya tsifrovogo dvoynika tsepi postavok diskretnogo proizvodstva [Corporate information systems for digital twin development of discrete manufacturing supply chains]. Sistemnyy analiz v proyektirovanii i upravlenii: sb. nauch. tr. XXVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [System Analysis in Design and Management: Proc. of the 27th International Scientific-Practical Conference], October 13–14, 2023. St. Petersburg, Politekh-Press, 2024, pt. 1. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id24-53, available at: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/id24-53.pdf/en/info> (accessed: 28.02.2026).

18. Ingemansson, A.R. Tekhnologicheskiye sostavlyayushchiye tsifrovizatsii proizvodstvennogo protsessa na mashinostroitel'nom predpriyatii [Technological components of production process digitalisation at a machine-building enterprise]. Naukoyemkiye tekhnologii v mashinostroyenii. 2024, no. 8(158), pp. 41–48. DOI: 10.30987/2223-4608-2024-41-48, available at: <https://bstu.editorum.ru/ru/nauka/article/86741/view> (accessed: 28.02.2026).



УДК. 697.34

# Современное состояние и перспективы организации цифровой трансформации теплоэнергетических предприятий

## В.П. Мешалкин,

*д-р техн. наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»; Москва*

## Б.М. Позднеев,

*д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»; Москва*

## М.М. Самошкин,

*соискатель ученой степени, ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»; Москва  
e-mail: mik4836@yandex.ru*

*Аннотация.* Обоснованы основные цели и задачи цифровизации предприятий теплоэнергетической отрасли. Показаны современные способы и методы цифровизации систем организации управления предприятиями центрального теплоснабжения. Предложена методика обеспечения комплексной оценки эффективности реализации цифровой трансформации предприятий центрального теплоснабжения. Определены основные современные проблемы и угрозы цифровизации теплоэнергетической отрасли, влияющие на реализацию процесса цифровой трансформации.

*Ключевые слова:* теплоснабжение, цифровизация, цифровая трансформация, энергоэффективность, экологичность, безопасность, оптимизация, интенсификация, искусственный интеллект, качество продукции.

*Summary.* The main goals and objectives of digitalization of heat and power industry enterprises are substantiated. Modern methods and approaches for digitalizing the management systems of district

heating enterprises are demonstrated. A methodology for comprehensively assessing the effectiveness of digital transformation of district heating enterprises is proposed. The main current problems and threats to digitalization of the heat and power industry, which impact the implementation of the digital transformation process, are identified.

*Keywords:* heat supply, digitalization, digital transformation, energy efficiency, environmental friendliness, safety, optimization, intensification, artificial intelligence, product quality.

## Введение

Современное понятие цифровизации отрасли, в том числе и теплоэнергетической, можно определить как постоянный и непрерывный процесс активного применения отраслевыми предприятиями цифровых технологий, оптимизирующих организационно-технологическую структуру управления и направленных на повышение энергоэффективности и качества услуг. Так, согласно Информационно-техническому справочнику по наилучшим доступным технологиям [1], цифровизация является важным элементом повышения энергоэффективности. Кроме того, актуальность и необходимость цифровых преобразований предприятий центрального теплоснабжения (ПЦТС) подтверждается Стратегическим направлением в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса (ТЭК) до 2030 года [2] и Стратегическим направлением в области цифровой трансформации отраслей строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 года [3], целями которых является достижение высокого уровня цифровой зрелости основных участников отрасли, ускоренный переход энергетического сектора на новые управленческие и технологические уровни, а также повышение надежности и безопасности систем теплоснабжения.

Для определения современного состояния управления и перспектив развития цифровой трансформации ПЦТС далее представлены ключевые тенденции данного направления.

## 1. Основные цели цифровизации предприятий центрального теплоснабжения

Основной целью разработки и последующего внедрения цифровых инноваций является всестороннее улучшение качества жизни человека. Важность активного применения цифровых решений во всех отраслях российской экономики отметил Президент РФ В.В. Путин в ходе выступления на пленарном заседании Петербургского международного экономического форума [4]. Цифровая трансформация ТЭК России продиктована внешними и внутренними факторами изменения общей конъюнктуры мировой энергетики и требованиями Концепции устойчивого развития о рациональном использовании природных ресурсов, охране окружающей среды от загрязнений, сохранении биологического разнообразия природных систем, социально-культурной гармонизации общества, повышении экономической эффективности производств, промышленных предприятий и цепей поставок, улучшении качества и увеличении продолжительности жизни людей [5]. Решение задач цифровизации ЦЦТС направлено на повышение надежности и энергетической безопасности отрасли, а также обеспечение растущей потребности населения и экономики страны в целом качественной услугой по теплоснабжению. Показателем достижения конкретным ЦЦТС указанных выше целей является возможность саморегуляции системы управления организацией, при изменении внешних и внутренних обстоятельств, по средствам высокотехнологичных цифровых комплексов, не только в отдельных бизнес-процессах, но и в принятии управленческих решений самого высокого уровня.

Определяя генеральную цель цифровизации теплоэнергетической отрасли (ТЭО), можно предположить, что создание единого информационно-управленческого центра теплоэнергетики, осуществляющего контроль и управление всеми стадиями жизненного цикла теплоснабжения, от проектирования до вывода из эксплуатации и последующей утилизации агрегатов ЦЦТС, обеспечит высокий уровень энергоресурсоэффективности и надежности ЦЦТС.

## 2. Применение современных цифровых технологий в теплоэнергетической отрасли

В настоящее время основными цифровыми технологиями в ТЭО являются цифровизация автоматизированных процессов в теплоэнергетике, Интернет вещей (IoT), цифровые двойники и системы обработки больших массивов данных. Эти технологии необходимы для мониторинга, управления и оптимизации процессов производства, транспортировки и конечного потребления тепловой энер-

гии в условиях промышленной революции «Индустрия 5.0» и развивающегося «Общество 6.0». Также внедрение вышеуказанных технологий значительно приближает реализацию концепции «Умной энергетики», входящей в состав ведомственного проекта «Цифровая энергетика» Министерства энергетики РФ, и являются приоритетными научными направлениями цифровой трансформации промышленных производств [6].

Цифровизация автоматизированных технологических процессов на ЦЦТС в настоящее время играет ключевую роль в работе системы центрального теплоснабжения (СЦТС), так как выполняет следующие задачи:

- контроль и корректировка термодинамических параметров работы всего комплекса СЦТС (генерация/транспортировка/сбыт);
- обеспечение технологической и экологической безопасности работы СЦТС;
- автоматическая защита от возможных негативных последствий и технологическая сигнализация состояния узлов и агрегатов СЦТС;
- формирование отчетов о работе СЦТС с возможностью предиктивной аналитики.

Интеграция SCADA-систем, ПЛК-контроллеров и облачных платформ в единую информационную систему управления предприятием (ЕИС УП) в данном случае позволяет оперативно осуществлять сбор данных о состоянии системы в режиме реального времени для объединенного диспетчерского центра и обеспечивает возможность эффективного управления СЦТС. Применение подобных ЕИС УП существенно снижает участие человека в работе СЦТС, обеспечивая надлежащее теплоснабжение и безопасную эксплуатацию всех агрегатов системы.

Интернет вещей (IoT) в ТЭО позволяет создать единую цифровую платформу для информационного обмена между всеми участниками не только процесса производства, транспортировки и потребления тепловой энергии, но и между прочими организациями, опосредованно участвующими в работе теплоэнергетической отрасли и влияющими на ее процессы по средствам коммуникации в рамках IP-протоколов, например организации занимающиеся проектированием как теплоэнергетической инфраструктуры, так и объектов капитального строительства как будущих потенциальных потребителей тепловой энергии. Конечным результатом реализации данной программы является снижение потребления энергоресурсов и отслеживание технического состояния теплоэнергетического оборудования для своевременного планирования и проведения технического обслуживания, а также предупреждения аварий и инцидентов СЦТС.



Наиболее эффективной IT-технологией в ТЭО являются различные программы создания и внедрения цифровых двойников СЦТС [7], виртуально отражающих все свойства и процессы действующих физических объектов. Данная модель формируется на основании информации, полученной от IoT-программ и позволяет максимально реалистично имитировать режимы работы теплоэнергетического оборудования при различных условиях эксплуатации и внешних факторах воздействия, а также при необходимости определять сценарий требуемых корректировок и оптимизации процессов. Кроме того, цифровой двойник СЦТС способен спрогнозировать различного рода риски и провести тестирование СЦТС на устойчивость и надежность без реальных последствий для действующей инфраструктуры. Также с помощью данной программы возможно формировать графики модернизации, технического обслуживания и подготовки СЦТС к отопительному периоду. Таким образом, цифровой двойник является важным аналитическим инструментом руководителя, позволяющим трансформировать управление ПЦТС на современном цифровом уровне и подтверждает неоспоримые преимущества цифровых процессов в управлении организациями [8].

В тепловой энергетике крайне важно применять цифровые технологии сбора и обработки больших массивов данных, необходимых для качественного, своевременного и релевантного информационного обеспечения эффективного управления ПЦТС. Необходимо отметить, что объем требуемых системой управления данных постоянно растет и дополняется новыми типами и структурными требованиями, что обусловлено рядом причин, таких как ежегодное увеличение числа потребителей, вид применяемых ресурсов, климатические показатели сезонов и пр. Аналитика полученных данных позволяет выявить закономерности и установить факторы негативно влияющие на функционирование ПЦТС, а также обосновывать и принимать эффективные управленческие решения.

Таким образом, перечисленные цифровые технологии являются наиболее востребованными и могут быть трансформированы в организационно-управленческую структуру ПЦТС.

### 3. Методическое обеспечение комплексной оценки эффективности реализации цифровой трансформации предприятий центрального теплоснабжения

Как было изложено выше, реализация цифровых технологий позволит повысить энергоресурсоэффективность и качество продукции ПЦТС,

увеличить производительность труда и уменьшить все виды затрат. Необходимо отметить, что основным фактором эффективной цифровой трансформации ПЦТС является уровень цифровой зрелости организации, определяемый рядом разработанных и научно обоснованных методик [9]. В настоящее время сформировано значительное количество способов и методов оценки эффективности применения цифровых технологий предприятиями теплоэнергетической отрасли, так как само определение эффективности является комплексной характеристикой. Тем не менее результаты деятельности теплоэнергетических предприятий можно определить посредством оценки трех ее основных видов: технологической, энергетической и экономической. В соответствии с данным разделением в табл. 1 представлен перечень показателей по видам эффективности.

**Таблица 1. Основные показатели оценки эффективности цифровой трансформации предприятий центрального теплоснабжения**

Вид	Комплекс показателей
Технологическая эффективность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Удельный расход условного топлива;</li> <li>• удельный расход электроэнергии на транспортировку тепловой энергии;</li> <li>• КПД агрегатов генерации тепловой энергии;</li> <li>• срок службы основных средств, участвующих в технологическом процессе;</li> <li>• потери тепла при транспортировке;</li> <li>• затраты электроэнергии на собственные нужды</li> </ul>
Энергетическая эффективность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Энергоемкость продукции;</li> <li>• удельный расход энергоресурсов;</li> <li>• выполнение графика термодинамических параметров;</li> <li>• количество и продолжительность нарушений в теплоснабжении</li> </ul>
Экономическая эффективность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Себестоимость отпущенной тепловой энергии;</li> <li>• затраты на топливо;</li> <li>• затраты на ремонт и обслуживание;</li> <li>• капитальные затраты на модернизацию и новое строительство;</li> <li>• рентабельность активов;</li> <li>• рентабельность продаж (доля прибыли в тарифе);</li> <li>• чистая прибыль;</li> <li>• уровень долговой нагрузки;</li> <li>• уровень собираемости платежей;</li> <li>• коэффициент текущей ликвидности</li> </ul>

Источник: составлено авторами

Основой любого метода оценки эффективности цифровых преобразований ПЦТС являются теории качественных изменений бизнес-процессов и комплексных показателей. Так, согласно Методическим рекомендациям по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием [10], положительные экономические эффекты показывают снижение операционных и капитальных затрат, а также увеличение выручки. Также целесообразно отметить, что в случае ускорения процессов управления организацией, вследствие применения цифровых технологий, скорости принятия решений и выполнения поставленных задач, сокращается время адаптации предприятия к изменениям внешней и внутренней среды, что чрезвычайно важно для ПЦТС.

#### 4. Основные современные проблемы цифровой трансформации теплоэнергетической отрасли

Определяя положительные эффекты цифровых преобразований ПЦТС, необходимо отметить, что процесс цифровизации сталкивается с рядом трудностей при реализации и неизбежно приводит к появлению специфических угроз и рисков. Далее рассмотрим основные факторы, влияющие на цифровую трансформацию ТЭО.

В первую очередь необходимо отметить, что большая часть агрегатов и подсистем комплекса теплоэнергетики РФ имеет высокую степень износа [11] и не адаптирована к цифровому взаимодействию в рамках существующих IP-протоколов. Следовательно, необходимо проведение всесторонней модернизации ПЦТС, требующей значительного финансирования в условиях ограничений действующей системы тарифообразования в сфере теплоснабжения [12].

Далее, для успешной цифровизации организационно-функциональные структуры ПЦТС должны быть готовы к применению цифровых технологий, а именно, иметь достаточное количество компетентного персонала для реализации задач цифровой трансформации на всех участках внедрения цифровых инноваций. Кроме того, реализации цифровых преобразований часто препятствуют годами сложившаяся и принятая персоналом консервативная культура организации. Для преодоления данного барьера необходимо провести комплекс мероприятий по информированию всего персонала ПЦТС о положительных аспектах цифровизации с целью осознания сотрудниками необходимости и целесообразности реализации инновационных методов и способов работы. Результатом проведенных внутренних семинаров, опросов и обучающих курсов, а также посто-

янной визуализации общей картины цифровой трансформации должно являться максимальное вовлечение сотрудников организации в процессы цифровой трансформации, как было сказано выше, компетентные и заинтересованные кадры являются одним из основных двигателей процесса преобразований.

Следующим важнейшим препятствием цифровизации ПЦТС являются существующие законодательные барьеры в теплоэнергетической отрасли [13]. С целью решения правовых вопросов в настоящее время специально разработаны и приняты нормативно-правовые акты в направлении стратегического развития цифровой трансформации ТЭК [2, 3].

Определяя основные проблемы внедрения цифровых технологий, необходимо отметить, что цифровизация приводит к необходимости решения вопроса кибербезопасности теплоэнергетической отрасли, так как большие массивы данных о работе ПЦТС и всего ТЭК являются стратегически важной информацией, а результаты кибератак могут привести к серьезным социальным, экологическим и экономическим последствиям.

#### Выводы

Цифровая трансформация теплоэнергетической отрасли экономики РФ имеет огромный потенциал и направлена на повышение надежности, безопасности и качества теплоснабжения как жизненно необходимой и стратегически важной производственно-социальной услуги. Успешная реализация цифровых трансформаций ПЦТС позволит создать энергоресурсоэффективные, экологически безопасные наукоемкие химико-техноэнергетические системы с рациональным природопользованием и широким применением возобновляемых природных ресурсов, а также минимизацией экологических, производственных, предпринимательских и финансовых рисков для ПЦТС [14], что является важнейшим фактором технологического и энергетического лидерства РФ.

#### Глоссарий основных терминов и понятий

Система (предприятие) центрального теплоснабжения – сложная химико-техноэнергетическая система, состоящая из трех подсистем: источника генерации тепловой энергии, подсистемы транспортировки тепловой энергии по специальным трубопроводам, где в качестве теплоносителя выступает химически подготовленная нагретая вода, и подсистемы конечного потребления тепловой энергии.



Интернет вещей (IoT) – общее цифровое пространство для различных устройств, целью которого является всесторонняя коммуникация.

SCADA-системы – программные комплексы для сбора данных в режиме реального времени.

ПЛК-контроллеры – программируемые логические контроллеры, необходимые для автоматического управления процессами в режиме реального времени.

Облачные вычисления – доступность вычислительных ресурсов для интернет-пользователей.

IP-протокол – программа, обеспечивающая обмен данными между компьютерами и другими устройствами, в том числе в Интернете.

Цифровой двойник – виртуальная копия, отражающая текущее состояние процессов и свойств реальной ЦЦТС.

## Источники

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48-2023 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» [Электронный ресурс]. Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1304429241>
2. Распоряжение Правительства РФ от 12 марта 2024 г. № 581-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 года» [Электронный ресурс]. Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408610169/>
3. Распоряжение Правительства РФ от 2 марта 2026г. № 398-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года» [Электронный ресурс]. Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/413687804/>
4. Путин призвал сформировать к 20230 году цифровые платформы во всех отраслях экономики [Электронный ресурс]. Известия. 2024. 7 июня. URL: <https://iz.ru/1709123/2024-06-07/putin-prizval-sformirovat-k-2030-godu-tcifrovye-platformy-vo-vsekh-otrasliakh-ekonomiki>
5. Цели устойчивого развития (ЦУР) – совокупность 17 взаимосвязанных целей, призванных стать образцом для построения лучшего и более устойчивого будущего для всех жителей Земли. Установлены Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций в 2015 г. и намечены для достижения к 2030 г., являются частью резолюции ООН «Повестка дня до 2030 года».
6. Мешалкин В.П., Большаков А.А., Петров Д.Ю. Автоматизация в промышленности // Цифровые платформы для автоматизированного управления химико-технологическими системами. 2023. № 8. С. 45–48.
7. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л. Разработка цифровых двойников для производственных предприятий // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13. № 4. С. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2019.4.7.16
8. Мешалкин В.П. Логистика и электронная экономика в условиях перехода к устойчивому развитию. М. – Генуя, 2004. 413 с.
9. Балахонова И.В. Оценка цифровой зрелости как первый шаг цифровой трансформации процессов промышленного предприятия. Пенза: Изд-во ПГУ, 2021. 276 с.
10. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием от 4 апреля 2025 г. № 29-пр (одобрены протоколом президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности) [Электронный ресурс]. Минцифры России. URL: <https://digital.gov.ru/documents/metodicheskie-rekomendaczii-po-czifrovoj-transformaczii-gosudarstvennyh-korporaczij-i-kompanij-s-gosudarstvennym-uchastiem>
11. Мониторинг технического состояния тепловых сетей субъектов электроэнергетики [Электронный ресурс]. АО «Инспекция по контролю технического состояния объектов электроэнергетики». URL: <https://www.ti-ees.ru/functioning/analytics/heating-system/>
12. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении». Ст. 10 [Электронный ресурс]. Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227764>
13. Распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2021 г. № 3924-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса». Гл. III. Проблемы и вызовы цифровой трансформации [Электронный ресурс]. Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403233017/>
14. Мешалкин В.П. Основы интенсификации и ресурсоэнергоэффективности химико-технологических систем. Смоленск: ООО «Принт-экспресс», 2021. 442 с.

## References

1. Information and Technical Handbook on Best Available Technologies ITS 48-2023 "Improving Energy Efficiency in Economic and (or) Other Activities" [Electronic resource]. Codex. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1304429241>
2. Order of the Government of the Russian Federation of March 12, 2024 No. 581-r "On Approval of the Strategic Direction in the Field of Digital Transformation of the Fuel and Energy Complex until 2030" [Electronic resource]. Garant. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408610169/>
3. Order of the Government of the Russian Federation of March 2, 2026. No. 398-r "On Approving the Strategic Direction in the Field of Digital Transformation of the Construction and Housing and Utilities Sectors of the Russian Federation until 2030" [Electronic resource]. Garant. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/413687804/>
4. Putin Called for the Formation of Digital Platforms in All Sectors of the Economy by 20230 [Electronic resource]. Izvestia. 2024. June 7. URL: <https://iz.ru/1709123/2024-06-07/putin-prizval-sformirovat-k-2030-godu-tcifrovye-platformy-vo-vsekh-otrasliakh-ekonomiki>
5. The Sustainable Development Goals (SDGs) are a set of 17 interconnected goals designed to serve as a model for building a better and more sustainable future for all people on Earth. Established by the United Nations General Assembly in 2015 and scheduled for achievement by 2030, they are part of the UN resolution "Agenda 2030".
6. Meshalkin V.P., Bolshakov A.A., Petrov D.Yu. Automation in Industry // Digital Platforms for Automated Control of Chemical-Engineering Systems. 2023. No. 8. pp. 45–48.
7. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Beklaryan G.L. Development of Digital Twins for Manufacturing Enterprises // Business Informatics. 2019. Vol. 13. No. 4. pp. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2019.4.7.16
8. Meshalkin V.P. Logistics and the Electronic Economy in the Context of the Transition to Sustainable Development. Moscow – Genoa, 2004. 413 p.
9. Balakhonova, I.V. Digital Maturity Assessment as the First Step in the Digital Transformation of Industrial Enterprise Processes. Penza: PSU Publishing House, 2021. 276 p.
10. Methodological Recommendations for the Digital Transformation of State Corporations and Companies with State Participation, No. 29-pr, dated April 4, 2025 (approved by the Protocol of the Presidium of the Government Commission on Digital Development, the Use of Information Technologies to Improve the Quality of Life and Business Conditions) [Electronic resource]. Ministry of Digital Development of the Russian Federation. URL: <https://digital.gov.ru/documents/metodicheskie-rekomendaczii-po-cifrovoj-transformaczii-gosudarstvennyh-korporaczij-i-kompanij-s-gosudarstvennym-uchastiem>
11. Monitoring the Technical Condition of Heating Networks of Electric Power Industry Entities [Electronic resource]. JSC "Inspectorate for Monitoring the Technical Condition of Electric Power Facilities." URL: <https://www.ti-ees.ru/functioning/analytics/heating-system/>
12. Federal Law of July 27, 2010 No. 190-FZ "On Heat Supply." Art. 10 [Electronic resource]. Code. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227764>
13. Order of the Government of the Russian Federation of December 28, 2021 No. 3924-r "On Approval of the Strategic Direction in the Field of Digital Transformation of the Fuel and Energy Complex." Chapter III. Problems and Challenges of Digital Transformation [Electronic resource]. Garant. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403233017/>
14. Meshalkin V.P. Fundamentals of Intensification and Resource and Energy Efficiency of Chemical-Engineering Systems. Smolensk: Print-Express LLC, 2021. 442 p.



УДК 658.562

# Исследование качественных показателей термостойкости кожевенных материалов

## О.А. Голубева

канд. техн. наук, доцент кафедры  
управление качеством ДГТУ;  
г. Ростов-на-Дону  
e-mail: 1354565@mail.ru

## В.П. Димитров

д-р техн. наук, профессор, заведующий  
кафедрой управление качеством ДГТУ,  
заслуженный работник высшей  
школы РФ, почетный работник высшего  
профессионального образования РФ,  
действительный член Академии  
проблем качества  
e-mail: kaf-qt@donstu.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования физико-механических показателей качества кожевенных материалов, в частности усадки натуральной кожи хромового дубления с восковым покрытием при термическом воздействии в интервале 150–250 °С в духовом шкафу. На основе полученных данных при проектировании технологического процесса на изделие целесообразно скорректировать температурные режимы применяемого оборудования. Эксперимент позволил сравнить термоусадочные характеристики материалов и осуществить подбор материала для обуви, обеспечив высокое качество изделия.

**Ключевые слова:** обувное производство, цифровые инструменты, контроль качества, статистические методы, термическая усадка кожевенных материалов.

**Summary.** The article presents the results of a study of the physical and mechanical quality indicators of leather materials, in particular, the shrinkage of natural chrome-tanned leather with a wax coating under thermal exposure in the range of 150°C to 250°C in an oven. Based on the obtained data, it is advisable to adjust the temperature modes of the equipment used when designing the technological process for the

product. The experiment allowed for a comparison of the shrinkage characteristics of the materials and the selection of the material for footwear, ensuring high-quality products.

**Keywords:** shoe manufacturing, digital tools, quality control, statistical methods, thermal shrinkage of leather materials.

## Введение

Актуальность исследования заключается в том, что кожаные материалы в процессе эксплуатации и производства нередко подвергаются воздействию повышенных температур. При этом одним из наиболее важных показателей их качества является термическая усадка, которая отражает способность материала сохранять свои размеры и свойства при нагреве.

Натуральная кожа – один из сложных материалов, применяемый в легкой промышленности. Даже при соблюдении технологических процессов производства каждая кожа может среагировать по-разному на одни и те же температурные режимы и механические нагрузки. Особенно критична усадка, так как влечет за собой изменение размеров кожи при взаимодействии различных тепловых режимов окружающей среды, и, как следствие, готовые детали становятся меньше, что приводит к браку, нарушению сборки, снижению прочности и даже невозможности использования материала. Усадка может быть неравномерной, что вызывает перекосы, складки, морщины на готовом изделии. Изменение размеров, потеря формы и снижение гибкости кожи могут негативно сказаться на качестве и долговечности готовых изделий. Проведение предварительных испытаний по усадке перед запуском на конвейер позволит избежать брака и точно рассчитать припуски на усадку, оптимизировать раскрой и минимизировать отходы. Поэтому изучение поведения кожи при различных температурных режимах позволяет более точно оценить ее термостойкость и пригодность для использования в условиях тепловых нагрузок.

Цель исследования – экспериментально сравнить термоусадочные характеристики материалов натуральных кож хромового дубления с восковым

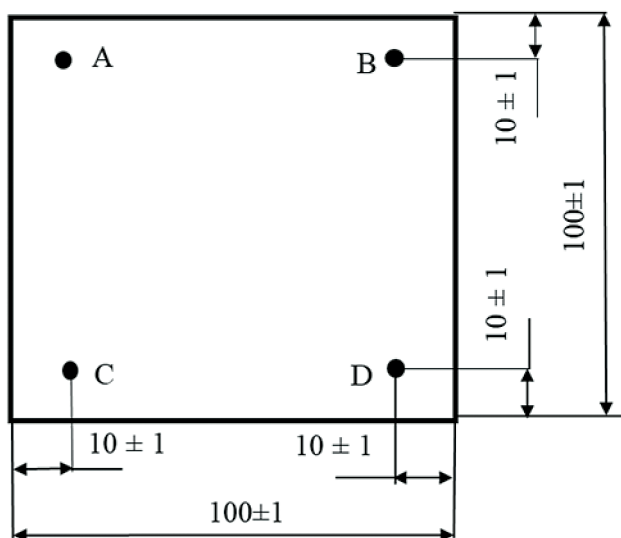


Рисунок 1. Схема разметки образцов

покрытием двух производителей в трех температурных режимах.

### 1. Результаты исследования

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 17227-2017 усадка определяется путем измерения геометрических параметров образца до и после термического воздействия в духовом шкафу [1]. Для проведения сравнительного анализа показателей термостойкости и усадки выбраны образцы итальянских кож хромового дубления с восковым покрытием разных заводов-изготовителей: М1 «Corvo nero – conceria Italia» (регион Тоскана), М2 – «Conceria rasubio (регион Венето)».

Отбор образцов выполнен по ГОСТ Р ИСО 2418-2013 [2]. Согласно рис. 1, произведена разметка точек А, В, С, D на образцах М1 и М2. Одним из важных предварительных этапов эксперимента является кондиционирование кож по ГОСТ Р ИСО 2419-2013, так как данная процедура высвобождает материал от излишней влаги перед испытаниями. Кондиционирование проводилось 24 ч при температуре 23 °С и 65% относительной влажности [3–5].

В процессе изготовления обувь подвергается термической нагрузке на разных этапах технологического процесса, таких как влажно-тепловая фиксация формы при  $T = 100-120^{\circ}\text{C}$ , при горячем формовании  $T = 180^{\circ}\text{C}$ , на этапе вставки термопластического подноски при  $T = 140-150^{\circ}\text{C}$  и др. Высокие температуры – до  $250^{\circ}\text{C}$  – в обувной промышленности применяются для активации клеев, разглаживания складок и фиксации деталей. Это обеспечивает высокое качество, формоустойчивость и эстетичный внешний вид готовой обуви.

При температурном воздействии свыше  $150-250^{\circ}\text{C}$  происходит сокращение коллагеновых волокон, что приводит к значительной усадке кожи по площади и толщине. Время проведения испытаний обусловлено параметрами, определенными в ГОСТ Р ИСО 17227-2017.

Для выявления пригодности образцов для производства обуви целесообразно проводить эксперимент по нагреву кожевенных материалов в соответствии с режимами, обозначенными в табл. 1.

В качестве оборудования для нагрева использовался духовой шкаф ШЦ-80, погрешность значений  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ , штангенциркуль с погрешностью  $\pm 0,05$  мм и микрометр МК-25, допустимая погрешность  $\pm 2$  мкм.

Экспериментальные данные, полученные в результате испытания, представлены в табл. 2. Для статистической обработки данных использовалась система «QualityCom». Система позволяет подобрать ГОСТ в соответствии с типом материала и видом физико-механических испытаний, рассчитать и визуализировать графические данные [6, 7].

Таблица 1. Режимы проведенных испытаний по нагреву кожевенного материала

№ испытаний	Температура нагрева, °С	Время нагрева, мин
1	$150 \pm 5$	$15 \pm 0,5$
2	$200 \pm 5$	$30 \pm 0,5$
3	$250 \pm 5$	$15 \pm 0,5$

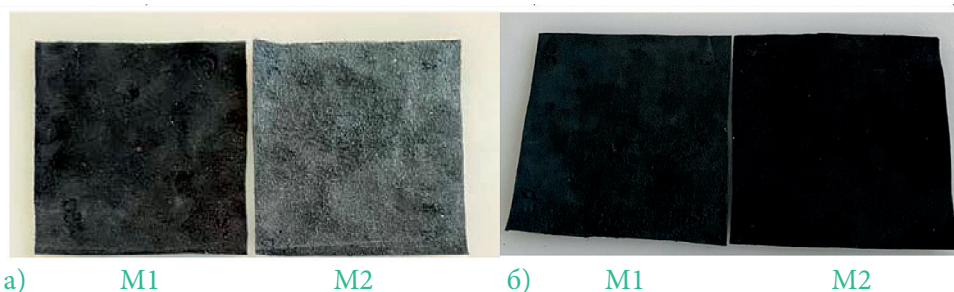


Рисунок 2. Образцы до и после обжига в термошкафу: а) образцы до испытаний, б) образцы после обжига в термошкафу



Таблица 2. Экспериментальные данные исследования образцов

№ образца	Толщина материала в контрольных точках, см	Расстояние между точками до нагрева образцов, см	Расстояние между точками после нагрева образцов, см	Разница между точками ( $AB_p = AB'' - AB''$ ), см
М 1,1	1А-1,32	АВ'-8,163	АВ''-7,66	АВ <sub>р</sub> -0,503
	2В-1,34	АС'-8,251	АС''-7,883	АС <sub>р</sub> -0,368
	3С-1,33	ВД'-8,253	ВД''-7,841	ВД <sub>р</sub> -0,412
	4Д-1,32	СД'-8,105	СД''-7,797	СД <sub>р</sub> -0,308
М 1,2	1А-1,29	АВ'-8,237	АВ''-7,376	АВ <sub>р</sub> -0,861
	2В-1,33	АС'-8,007	АС''-7,224	АС <sub>р</sub> -0,783
	3Д-1,27	ВД'-8,268	ВД''-7,414	ВД <sub>р</sub> -0,854
	4Д-1,29	СД'-8,320	СД''-7,53	СД <sub>р</sub> -0,79
М 1,3	1А-1,28	АВ'-7,506	АВ''-7,17	АВ <sub>р</sub> -0,336
	2В-1,33	АС'-8,247	АС''-7,324	АС <sub>р</sub> -0,923
	3С-1,31	ВД'-8,008	ВД''-7,041	ВД <sub>р</sub> -0,967
	4Д-1,32	СД'-7,947	СД''-7,177	СД <sub>р</sub> -0,77
М 2,1	1А-1,34	АВ'-7,863	АВ''-7,642	АВ <sub>р</sub> -0,221
	2В-1,35	СД'-7,764	СД''-7,511	СД <sub>р</sub> -0,253
	3С-1,31	ДВ'-8,027	ДВ''-7,95	ДВ <sub>р</sub> -0,077
	4Д-1,33	СА'-8,091	СА''-7,729	СА <sub>р</sub> -0,326
М 2,2	1А-1,38	АВ'-7,587	АВ''-7,475	АВ <sub>р</sub> -0,112
	2В-1,38	СД'-7,710	СД''-7,574	СД <sub>р</sub> -0,136
	3С-1,45	ДВ'-8,011	ДВ''-7,234	ДВ <sub>р</sub> -0,777
	4Д-1,42	СА'-8,020	СА''-7,238	СА <sub>р</sub> -0,782
М 2,3	1А-1,37	АВ'-7,829	АВ''-7,041	АВ <sub>р</sub> -0,788
	2В-1,34	СД'-7,861	СД''-7,369	СД <sub>р</sub> -0,492
	3С-1,41	ДВ'-7,513	ДВ''-7,386	ДВ <sub>р</sub> -0,127
	4Д-1,35	СА'-7,670	СА''-7,504	СА <sub>р</sub> -0,166

В качестве промежуточных результатов выполнен органолептический осмотр образцов, где выявлены визуальные изменения структуры кожи в зависимости от применяемой температуры.

При  $T = 150^\circ\text{C}/t = 15$  мин деформация образцов не наблюдается, обугливание отсутствует, при  $T = 200^\circ\text{C}/t = 30$  мин у образца М2 произошло потемнение краев и повышение жесткости; у образца М1 наблюдается умеренная усадка без обугливания, при  $T = 250^\circ\text{C}/t = 15$  мин образец М2 визуализируется без обугливания, но произошла потеря гибкости (риск возгорания согласно примечанию, в ГОСТ Р ИСО 17227-2017). У образца М1 наблюдается деформация без обугливания. Данные в табл. 2 рассчитаны для определения усадки образцов в5 по формуле (1). Результаты расчетов представлены в табл. 3. Графики, иллюстрирующие результаты испытаний, представлены на рис. 3.

$$S = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100\%, \quad (1)$$

где:

$$A1 = \left( \frac{a1 + c1}{2} \right) \times \left( \frac{b1 + d1}{2} \right), A2 = \left( \frac{a2 + c2}{2} \right) \times \left( \frac{b2 + d2}{2} \right)$$

–  $a1, b1, c1, d1$  – соответственно значения размеров АВ, ВД, СД, АС (см. рис. 1), измеренных до нагрева;

–  $a2, b2, c2, d2$  – соответственно значения размеров АВ, ВД, СД, АС, измеренных после термического воздействия.

На основе экспериментальных исследований зафиксированы следующие результаты изменения усадки кожевенных материалов.

Усадка натуральной кожи напрямую зависит от температуры и времени экспозиции: чем выше температура и дольше воздействие, тем больше изменение размеров и выше риск дефектов.

При  $T = 150^\circ\text{C}$  усадка образца М2 на 3,86% меньше, чем у образца М1.

При повышении температуры со  $150^\circ\text{C}$  до  $200^\circ\text{C}$  (при увеличении времени до 30 мин) усадка обоих

Таблица 3. Расчетные значения экспериментального исследования

№ образца	Исходная площадь A1	Площадь после термического воздействия A2	Усадка, S5	Режимы испытаний
М 1,1	67,12	60,76	9,53%	150°C /15 мин
М 1,2	67,34	54,41	19,20%	200°C /30мин
М 1,3	62,79	51,52	17,94%	250°C /15мин
М.2,1	62,96	59,395	5,67%	150°C /15 мин
М 2,2	61,3	54,44	11,19%	200°C /30мин
М 2,3	59,52	53,61	9,92%	250°C /15мин

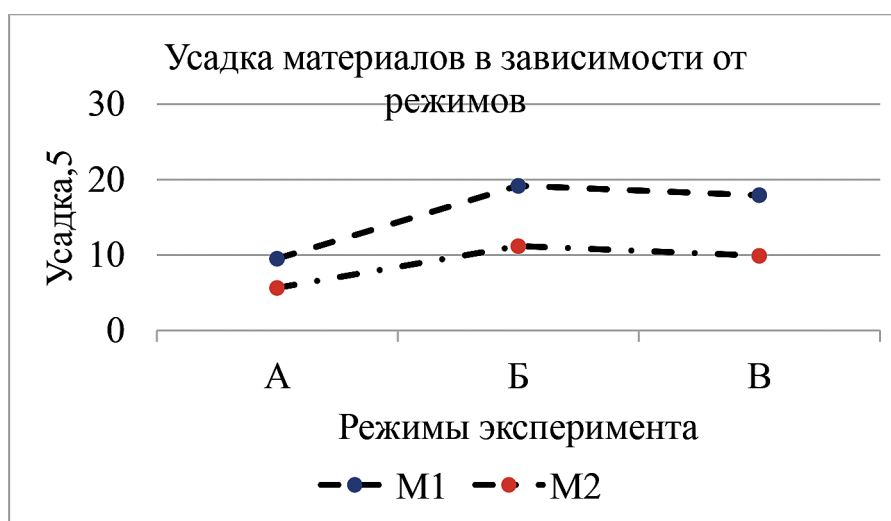


Рисунок 3. Сравнение усадки материалов: режим А (150°C/15 мин); режим Б (200°C/30 мин); режим В (250°C/15 мин)

образцов существенно возрастает: М1 почти в 2 раза (с 9,53 до 19,20%), у образца М2 примерно так же – в 2 раза (с 5,67 до 11,19%).

При дальнейшем увеличении температуры до 250°C (время сокращено до 15 мин – риск возгорания) усадка М2 незначительно снижается по сравнению с 200°C/30 мин (с 11,19 до 9,92%), а у М1 – также снижается, но остается на высоком уровне (с 19,20 до 17,94%).

Увеличение времени воздействия при 200°C (до 30 мин) приводит к значительному росту усадки по сравнению с короткими режимами при более высоких температурах.

Образец М2 во всех режимах демонстрирует меньшую усадку, чем М1. Это может быть связано с различиями в структуре кожи. Различия между образцами наиболее выражены при высоких температурах и длительном воздействии. Поэтому образец М2 более приемлем для использования в производстве обуви. При проектировании модели обуви из испытанных кож необходимо закладывать припуски на усадку с учетом выявленных зависимостей.

### Заключение

Образцы М1 и М2 показывают максимальный показатель усадки при  $T = 200^\circ\text{C}/t = 30 \text{ мин}$ . При  $T = 250^\circ\text{C}/t = 15 \text{ мин}$  усадка снижается, что подтверждает влияние времени, данные образца М2 по усадке всегда ниже образца М1 во всех температурных режимах.

Образец М2 обладает значительно большей термической стабильностью по сравнению с образцом М1 во всех исследованных режимах. Максимальная усадка (19–20%) зафиксирована для М1 при  $T = 200^\circ\text{C}/t = 30 \text{ мин}$  экспозиции. Повышение температуры до 250°C при сокращении времени не приводит к росту усадки, что указывает на необходимость учета обоих параметров (температура + время). Результаты испытания могут быть использованы при выборе кожевенных материалов для изделий, эксплуатируемых в условиях нагрева для специальной обуви и выбора качественного и жаростойкого образца для модели с использованием технологических операций с оборудованием, нагреваемым материал до 250°C. В результате полученных эксперимен-



тальных данных необходимо внести изменения в технологические карты изделия для осуществления корректировки припуска, режимов сушки и параметров формования.

#### Источники

1. ГОСТ Р ИСО 17227-2017. Кожа. Определение усадки при нагревании. М: Стандартиформ, 2017. 8 с.
2. ГОСТ Р ИСО 2418-2013. Кожа. Химические, физические и механические испытания. Отбор проб. М: Стандартиформ, 2013. 8 с.
3. ГОСТ Р ИСО 2419-2013. Кожа. Физические и механические испытания. Подготовка и кондиционирование проб. М: Стандартиформ, 2013. 7 с.

4. Кутянин Г.И. Термостойкость и износостойкость кожи. М.: Легкая индустрия, 1973. 168 с.
5. Страхов И.П. Химия и технология кожи и меха. М.: Легкая промышленность, 1985. 498 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025610031. «Qulitycom» / Голубева О.А., Доний А.С., Шевцов К.А. Заявка № 2024692104. Дата поступления: 19 декабря 2024 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2025 г.
7. Голубева О.А., Димитров В.П., Борисова Л.В. Цифровой подбор материалов в системе «QualityCom» // Качество и жизнь. 2025. № 4(48). С. 38–43.

#### References:

1. GOST R ISO 17227–2017. Leather. Determination of shrinkage during heating. – Moscow: Standartinform, 2017. – 8 p.
2. GOST R ISO 2418–2013. Leather. Chemical, physical, and mechanical tests. Sampling. – Moscow: Standartinform, 2013. – 8 p.
3. GOST R ISO 2419–2013. Leather. Physical and mechanical tests. Preparation and conditioning of samples. – Moscow: Standartinform, 2013 – 7 p.
4. Kutyanin G. I. Thermal resistance and wear resistance of leather. – Moscow: Legkaya industriya, 1973 – 168 p.
5. Strakhov I. P. Chemistry and technology of leather and fur. – M: Light industry, 1985 – 498 p. 6.
6. Certificate of state registration of the computer program No. 2025610031. «Qulitycom»/Golubeva O.A., Doniy A.S., Shevtsov K.A. – Application No. 2024692104. Date of receipt 19 December 2024. Registered in the Register of computer programs on 9 January 2025.
7. Golubeva O.A., Dimitrov V.P., Borisova L.V. Digital selection of materials in the QualityCom system – Quality and Life. 2025. No. 4 (48). Pp. 38-43.

# Анализ применения углепластиков в лопастях несущего винта с учетом качества изготовления

## Б.В. Бойцов,

*д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, профессор, Московский авиационный институт (НИУ); Москва*

## Е.А. Башаров,

*канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Проектирование вертолетов», Московский авиационный институт (НИУ); Москва*

## А.А. Ресинец,

*старший преподаватель кафедры «Проектирование вертолетов», Московский авиационный институт (НИУ); Москва  
e-mail: resinetsai@mai.ru*

carbon fiber plastics in the design of rotor blades and tail rotors. The presented work analyzes the influence of the composite material from which the blade spar is made on the mass stiffness and frequency characteristics of the rotor blade of a helicopter. Three versions of the NV blades are being considered. Arguments are given for the need to introduce specialized metrological laboratories for standard control of products at the enterprise for the production of blades made of polymer composite materials (PCM) already at the stage of manufacturing individual parts, assemblies and assemblies. Conclusions are drawn on the problems of manufacturing carbon fiber blades in Russia.

*Keywords:* polymer composite materials, carbon fiber plastics, blade spar, finite element method, thermocompression molding method, norm control.

В практике мирового вертолетостроения конструкторские бюро все чаще обращаются к применению углепластиков в конструкции лопастей несущих и рулевых винтов (РВ). Стремление применения углепластика обосновано его высокими характеристиками: при малой массе конструкции из него обладают высокой жесткостью и усталостной прочностью, что критично для такого агрегата, как лопасть вертолета. На Западе работы в этом направлении начались еще с середины 1980-х годов. Так, например, из углепластика изготовлены силовые элементы лопастей вертолета NH-90 консорциума Eurocopter, вертолета UH-60 фирмы Sikorsky Aircraft. Этой же фирмой разрабатывается новая лопасть несущего винта для вертолета СН-53К на основе технологий, испытанных на UH-60. В России применение углепластика в вертолетостроении было ограничено в силу невысоких упруго-прочностных характеристик имевшихся на то время углеродных наполнителей. Однако сегодня появление высокопрочных угольных волокон позволяет широко применять их в конструкции лопастей. Нарботки по применению углепластика в лопастях есть на отечественных вертолетах Национального центра вертолетостроения имени М.Л. Милиа и Н.И. Камова. В качестве примеров можно назвать перспективные углепластиковые лопасти перспективных вертолетов Ми-382 ПСВ и Ка-60/62.

*Аннотация.* В статье описаны анализ механических характеристик и применение в конструкции лопастей несущих и рулевых винтов перспективных углепластиков. В представленной работе анализируется влияние композиционного материала, из которого изготовлен лонжерон лопасти, на массово-жесткостные и частотные характеристики лопасти несущего винта (НВ) вертолета. Рассматриваются три варианта исполнения лопастей НВ. Приводятся доводы по необходимости внедрения на предприятии по производству лопастей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) специализированных метрологических лабораторий по нормоконтролю выпускаемой продукции уже на этапе изготовления отдельных деталей, узлов и агрегатов. Сделаны выводы по проблемам качества изготовления лопастей из углепластиков в России.

*Ключевые слова:* полимерные композиционные материалы, углепластики, лонжерон лопасти, метод конечных элементов, термокомпрессионный способ формования, нормоконтроль.

*Summary.* The article describes the analysis of mechanical characteristics and the use of promising



На рис. 1 показаны лопасти НВ и РВ из углепластика вертолетов Ми-24ЛЛ ПСВ (а) и Ка-60 (б).

На МВЗ имени М.Л. Миля разработана и освоена в опытном производстве новая технология изготовления лопастей НВ из современных ПКМ на основе углеволокна – углеткани УТ-900 (рис. 3).

Одно из ключевых ее отличий – лопасть изготавливается и полимеризуется в пресс-форме целиком, а не собирается из лонжерона и хвостовых секций, как это было раньше. На АО «Камов» была освоена технология создания лопастей из углеткани УТ-800 (рис. 4)



а)

б)

Рисунок 1. Лопасти НВ и РВ из углепластика вертолетов Ми-24ЛЛ ПСВ (а) и Ка-60 (б)

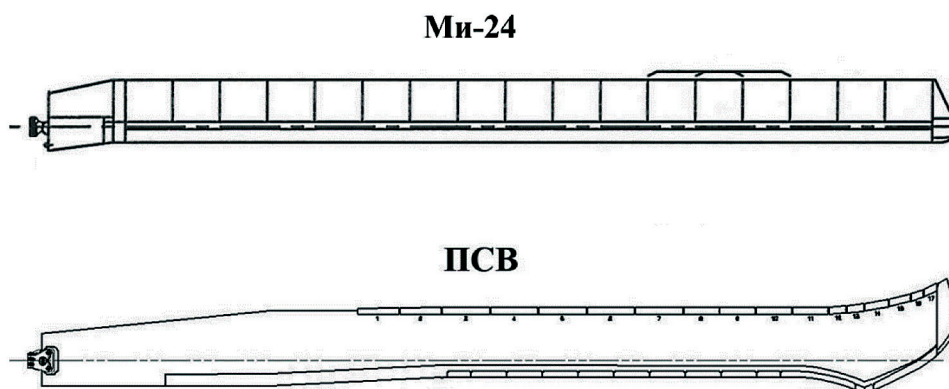


Рисунок 2. Перспективная лопасть НВ для вертолета Ми-382 ПСВ в сравнении с лопастью вертолета Ми-24



а)

б)

Рисунок 3. Общий вид проекта перспективного вертолета Ми-382 ПСВ (а) и сечение лопасти НВ из углепластика (б)

Источник: [1]



Рисунок 4. Углепластиковая лопасть типа 720 (РВ) рулевого винта вертолета Ка-60

Конструкция и типовое сечение углепластиковой лопасти 720 (РВ) показано на рис. 5. Лопасть без крутки. Лопасть имеет конструкцию с лонжероном по контуру лопасти и подкреплением в виде мелкочаеистой пенопласта (используется самовспенивающаяся композиция). Задняя часть лопасти сформирована углепластиковой обшивкой.

Лопасть изготавливалась из углеткани УТ-800 на эпоксидном связующем 5-211-БН методом прессования в пресс-форме. Лопасть 720(РВ) имеет заявленный назначенный ресурс 10 000 летных часов.

Можно проанализировать влияние материала, из которого изготовлен лонжерон лопасти, на массово-жесткостные и частотные характеристики лопасти НВ вертолета. Рассматриваются три варианта исполнения лопастей, типовые сечения которых приведены на рис. 6–8.

а) Лопасть, лонжерон которой изготовлен методом ручной укладки. Материал – углепластик из угольной ткани УТ-900, угол армирования  $0^{\circ}$ ,  $\pm 45^{\circ}$ . Обшивка из угольной ткани УТ-900, угол армирования  $45^{\circ}$ . Пустоты заполнены пенопластом.

б) Лопасть, лонжерон которой изготовлен методом ручной укладки. Материал лонжерона – ги-

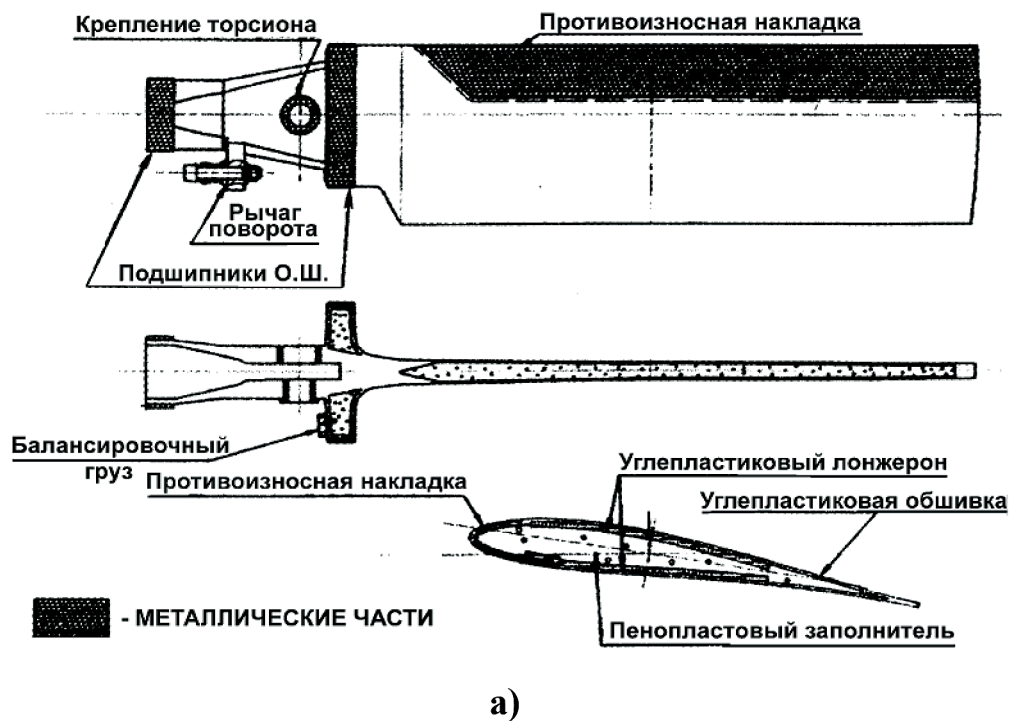


Рисунок 5. Конструкция углепластиковой лопасти 720 (РВ) вертолета Ка-60 (а) и характерное сечение лопасти (б)

Источник: [1]



брид ПКМ из стеклянного (стеклоткань Т-39) и угольного волокна (угольная ткань УТ-900), в соотношении 3:2, угол армирования  $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ . Обшивка из угольной ткани УТ-900, угол армирования  $45^\circ$ . Пустоты заполнены пенопластом.

в) Лопасть, лонжерон которой изготовлен методом ручной укладки. Материал – стеклопластик (стеклоткань Т-39), угол армирования  $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ . Обшивка из стеклоткани Т-39, угол армирования  $45^\circ$ . Пустоты заполнены пенопластом.

Формование лопастей первого и второго вариантов выполняется термокомпрессионным способом в пресс-форме, внутренняя поверхность которой повторяет наружную геометрию лопасти. Пенопласт в этих конструкциях выполняет роль как заполнителя, так и элемента, создающего при нагреве и расширении необходимое давление формования заготовки. Все три лопасти имеют одинаковую аэродинамическую компоновку и основные параметры, приведенные в табл. 1. Характеристики материалов указаны в табл. 2.

Таблица 1. Основные параметры лопастей

Радиус лопасти	6,75	м
Хорда лопасти	410	мм
Профиль	Профиль ЦАГИ	
Окружная скорость конца лопасти	220	м/с
Рабочая частота вращения	140	об/мин
Форма в плане	Прямоугольная	

Для сравнительного анализа выбранных вариантов лопастей был проведен статический и частотный расчеты в программах PRSL и STAR [3], в которых используется модель, предложенная А.В. Некрасовым [3], – метод конечных элементов. Недеформированная лопасть разбивается на конечное число участков сечениями, перпендикулярными к ее оси, при этом длины участков могут быть разными. Жесткость по длине каждого такого участка не меняется, а распределенная по участку масса за-



Рисунок 6. Типовое сечение лопасти НВ из угольного волокна



Рисунок 7. Типовое сечение лопасти НВ из гибридного ПКМ на основе стеклянного и угольного волокна



Рисунок 8. Типовое сечение лопасти НВ из стеклянного волокна

Таблица 2. Характеристики композиционных материалов

Материал	E0, МПа	E45, МПа	G0, МПа	G45, МПа	$\sigma_{0+}$ , МПа	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Углепластик	112 000	15 300	4400	30 000	900	1,55
Гибрид	91 000	14 100	9300	22 400	800	1,95
Стеклопластик	55 000	11 000	4180	15 400	750	2,1

Примечание. E0/G0, E45/G45 – модули упругости/сдвига под угол армирования  $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ ;  $\sigma_{0+}$  – предел прочности при растяжении волокон с углом армирования  $0^\circ$ ,  $\rho$  – плотность

Источник: [2]

меняется парой равных по величине сосредоточенных масс, расположенных на концах участка.

На первом шаге расчет сечений лопасти выполняется в программе PRSL. Для начала расчета формируется блок исходных данных, состоящий из координат профиля сечения, его хорды, относительной толщины, а также из характеристик элементов, входящих в конструкцию: толщин, плотностей, модулей упругости и координат расположения их друг относительно друга. В результате получаем характеристики сечения, такие как погонный вес, статический момент, площадь сечения, моменты инерции в двух плоскостях, момент сопротивления в плоскости наименьшей жесткости.

Вторым шагом выполняется расчет лопасти в программе STAR, исходными данными для расчета служат характеристики сечений, полученные в программе PRSL, а также характеристики втулки. В конечном итоге получаем следующие характеристики лопасти: вес, эффективную центровку, весовую характеристику, распределение центробежной силы по длине лопасти, свес, напряжения от центробежной силы и свеса. Также проводится частотный расчет лопасти, в результате которого получаем резонансные диаграммы в плоскостях тяги и вращения.

Результаты расчета в программах PRSL и STAR приведены на рис. 9–11.

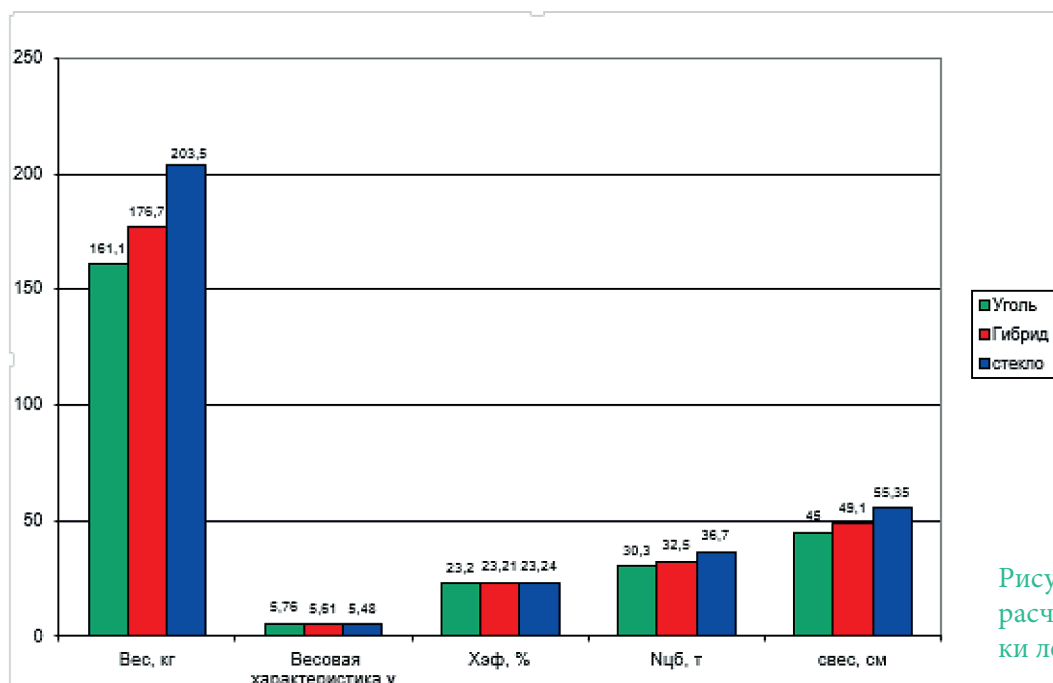


Рисунок 9. Полученные расчетные характеристики лопастей

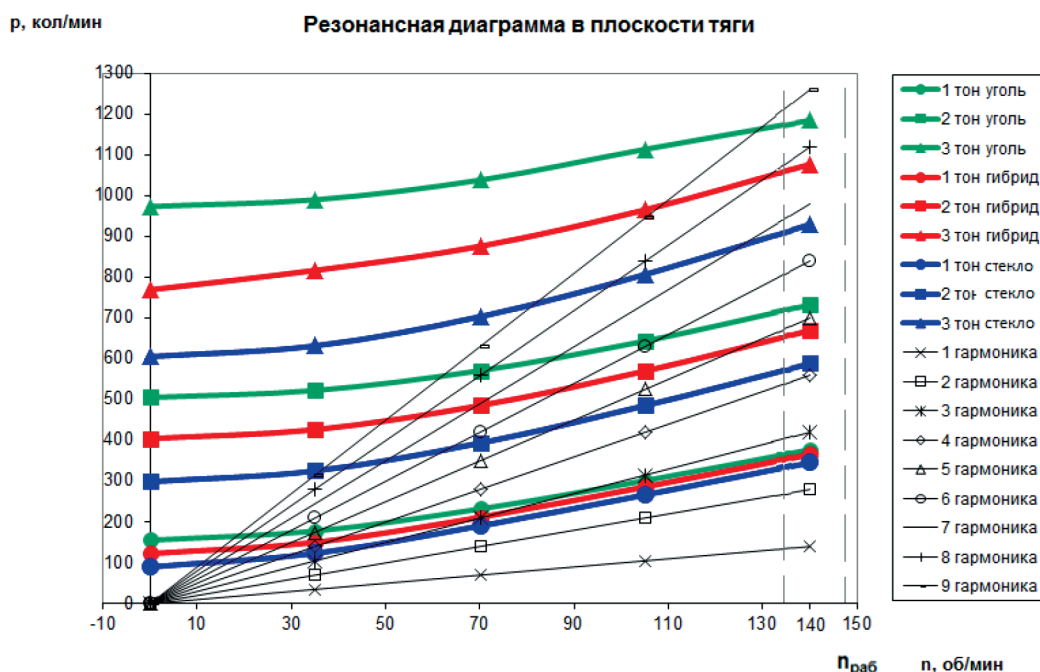


Рисунок 10. Резонансная диаграмма лопастей в плоскости тяги



р, кол/мин

Резонансная диаграмма в плоскости вращения

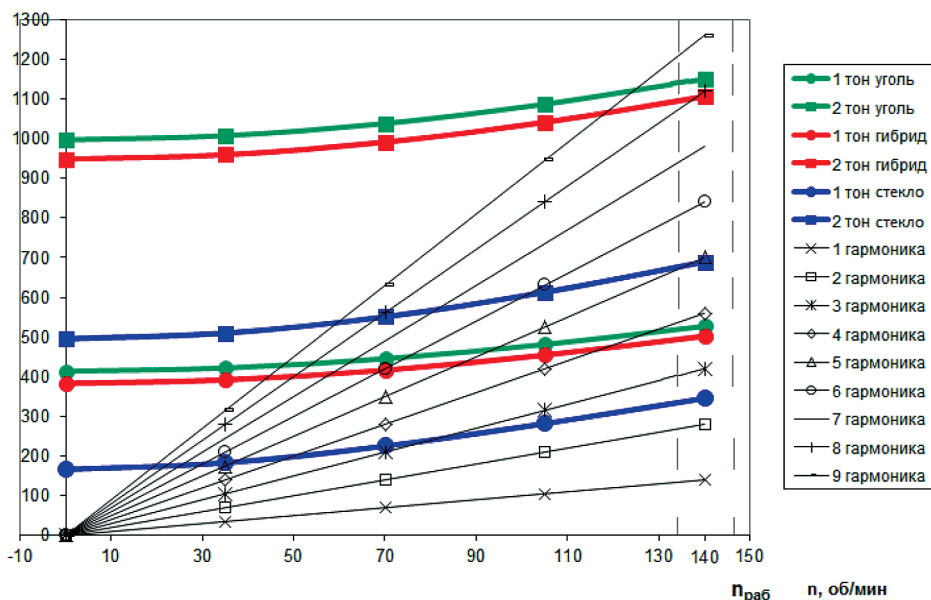


Рисунок 11. Резонансная диаграмма лопастей в плоскости вращения

Таблица 3. Сравнение полученных результатов

Параметр	Уголь	Гибрид	Стекло
Вес лопасти, кг	161,1	176,7	203,5
Весовая характеристика, γ	5,76	5,61	5,48
Эффективная центровка Хэф, %	23,20	23,21	23,24

Из полученных результатов расчетов, представленных в табл. 3, видны явные преимущества углепластиков как по весовым, так и по частотным характеристикам по сравнению с близкими по характеристикам гибридным и стеклопластиковым лопастям. Лопасть, несущие элементы которой изготовлены из углепластикового ПКМ, обладает:

- небольшим прогибом от собственной массы, что важно при выборе компоновки планера и хвостовой балки;
- низким уровнем напряжений в конструкции от центробежной силы и свеса;
- обладает меньшей массой по сравнению с остальными рассматриваемыми вариантами.

Нужно отметить высокую жесткость лопасти, полученной в процессе расчетов лопасти из углепластикового ПКМ. Лопасть обладает высокими частотами собственных колебаний, так, второй тон собственных колебаний лопасти в плоскости тяги лежит выше 5-й гармоники возбуждающих сил, а первый тон в плоскости вращения – между 3-й и 4-й гармониками. В лопасти при этом будут действовать низкие переменные напряжения, что благоприятно сказывается на ресурсе лопасти. Помимо этого высокие частоты собственных колебаний оказывают слабый уровень возбуждений, передаваемых на втулку НВ вертолета.

Однако существенное влияние на характеристики углепластиковых лопастей налагает качество их изготовления. Применение укладки слоев с различными углами ориентации (рис. 12) требует применения дорогостоящего технологического оборудования – пресс-формы большого давления и автоклавное оборудование. Недопрессовка углепластиковых слоев часто приводит к расслоениям готового изделия и снижению характеристик.

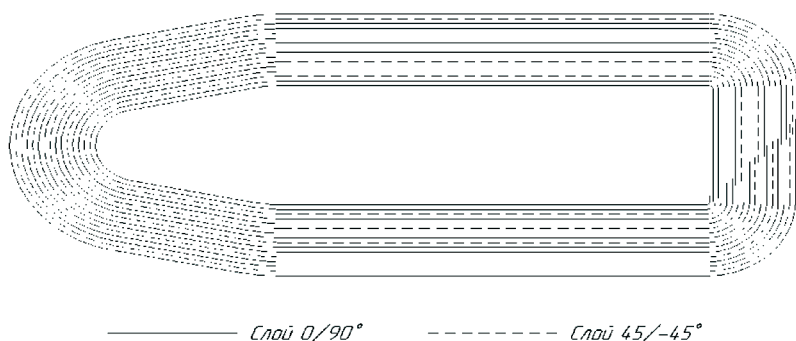
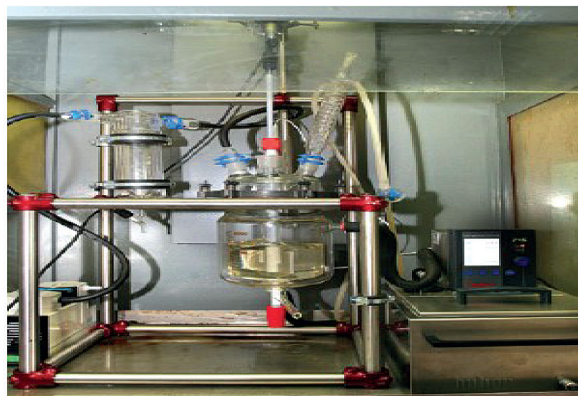


Рисунок 12. Схема укладки слоев лонжерона в сечении лопасти

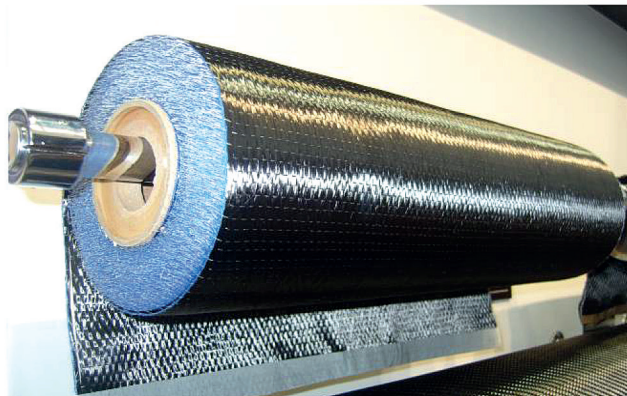
Контроль качества изготавливаемых лопастей из ПКМ при серийном изготовлении обеспечивается организацией на авиационном предприятии специализированных лабораторий диагностики композитных полуфабрикатов и готовых агрегатов. Контроль качества позволяет выявить лопасти с внутренними дефектами, раковинами, нарушениями внутренней структуры и внешней текстуры, отбраковать их на этапе изготовления в цехе и не допустить попадания их на сборку. Очень важным является также подтверждение механических

свойств поступающих на производство различных материалов и полуфабрикатов ПКМ (препрегов). Необходим строгий контроль качества связующих и препрегов, поступающих в цех по изготовлению композитных конструкций. Снижение качества компонентов ПКМ влечет за собой брак и снижение качества всего композитного агрегата.

Не менее важным является проведение неразрушающего контроля (НК) на различных установках для композитных готовых изделий (рис. 13 и 14).



а)



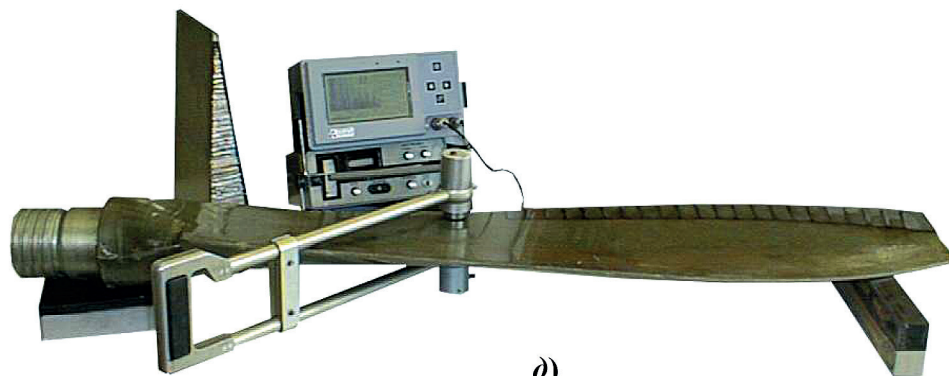
б)



в)



г)



д)

Рисунок 13. Метрологический контроль качества композитных полуфабрикатов и агрегатов: (а) лаборатория проверки связующих; (б) стенд проверки препрегов; (в, г, д) – установки неразрушающего контроля (НК) деталей и агрегатов

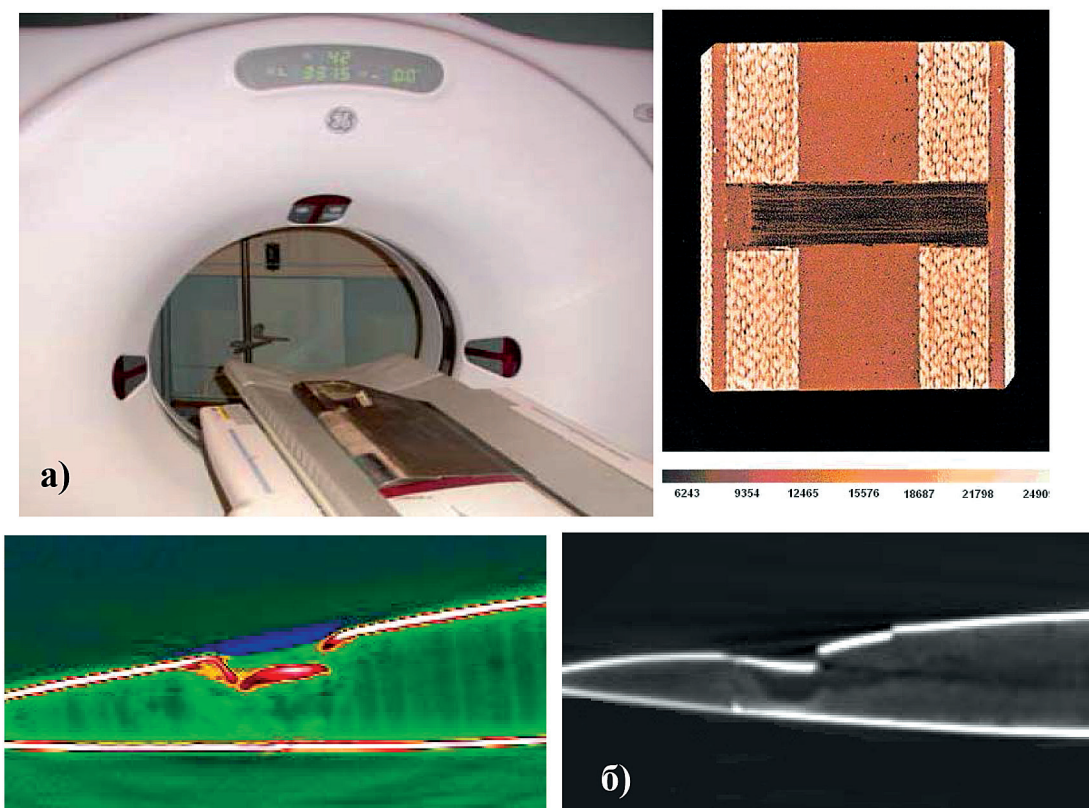


Рисунок 14. Общий вид компьютерного томографа с фрагментом лопасти вертолета (а) и томограммы повреждений лопасти НВ (б)

Источник: [4]

Наиболее дешевыми являются люминесцентный и ультразвуковой методы НК в условиях мелкосерийного производства. Для более ответственных высокоресурсных деталей и агрегатов рекомендуется применение более совершенных методов рентгеновской и компьютерной томографии. Появление малогабаритных промышленных томографов позволяет применять их в условиях серийного производства.

При серийном изготовлении лопастей вертолета на этапах изготовления деталей, узлов и агрегатов крайне необходима организация метрологического контроля их размеров и веса. При производстве обычно создается метрологическая лаборатория, где квалифицированные специалисты будут проводить нормоконтроль размеров деталей, контроль балансировки и веса лопастей и их работоспособности.

Контроль производится при помощи различных измерительных инструментов в пределах допустимых погрешностей, регламентированных современными ГОСТ/ОСТ в авиационной промышленности РФ. После контроля каждая деталь

или агрегат получают сертификат соответствия и штрихкод. В сертификате прописывается вес детали или агрегата и дата изготовления. Только после этого деталь или агрегат поступает на склад, а оттуда – на сборочный конвейер. Нормоконтроль существенно повышает качество выпускаемой продукции уже на этапе изготовления отдельных деталей, узлов и агрегатов. Улучшается качество сборки готового изделия. Без строгого контроля веса лопастей возможна большая погрешность их весовых и балансировочных характеристик, которая может привести к снижению ресурса агрегата. Эта проблема очень характерна для производства композитных лопастей в России. Все это может негативно сказаться на безопасности полетов вертолетов.

### Выводы

Исходя из изложенного, следует, что конструирование лопастей несущих и рулевых винтов из углепластиковых ПКМ является перспективным направлением развития вертолетостроения. Однако в условиях серийного производства необходимо осуществлять контроль качества изготавливаемых

лопастей, а также поступающих на производство композитных полуфабрикатов (препрегов) и связующих. Нормоконтроль должен обеспечиваться организацией на предприятии в специализированных лабораториях. При серийном изготовлении углепластиковых лопастей крайне необходима организация метрологического контроля их размеров и веса. Нормоконтроль существенно повышает качество выпускаемой продукции уже на этапе изготовления отдельных деталей, узлов и агрегатов. Качество сборки готовых композитных лопастей улучшается.

#### Источники

1. Пивоваров В.И. Анализ конструкций и технологий изготовления лопастей несущих и рулевых

винтов вертолетов из ПКМ / ОАО «Вертолеты России». М., 2011. 43 с.

2. Резниченко В.И., Зотов А.А. Композиционные материалы: классификация, состав и структура, свойства. М.: Факториал, 2015. 126 с.

3. Башаров Е.А. Конструирование агрегатов несущих систем, шасси и трансмиссии вертолетов из полимерных композиционных материалов: Учеб. пособие. М.: Изд-во МАИ, 2023. 160 с.

4. Ларин А.А., Резниченко В.И. Применение рентгеновской томографии для контроля агрегатов летательных аппаратов из композиционных материалов // Электронный журнал «Труды МАИ». 2012. Вып. 52.

#### References

1. Pivovarov V.I. Analysis of designs and manufacturing technologies of rotor blades and tail rotors of helicopters from PCM. JSC "Russian Helicopters". 2011, 43 p.

2. Reznichenko V.I. Composite materials: classification, composition and structure, properties / Reznichenko V.I., Zotov A.A. Moscow, Factorial, 2015, 126 p.

3. Basharov E.A. Construction of aggregates of bearing systems, landing gear and transmission of helicopters from polymer composite materials: A textbook. Moscow, Publishing House of MAI, 2023, 160 p.

4. Larin A.A., Reznichenko V.I. The use of X-ray tomography for monitoring aircraft assemblies made of composite materials. Electronic journal "Proceedings of MAI", 2012, issue N 52.



# Исследование и анализ влияния точности определения значений критерия разрушения на качество проектирования композитных втулочных элементов несущего винта вертолета

## **Б.В. Бойцов,**

*д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, профессор, Московский авиационный институт (НИИУ); Москва*

## **Е.А. Башаров,**

*канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Проектирование вертолетов», Московский авиационный институт (НИИУ); Москва*

## **А.И. Ресинец,**

*канд. воен. наук, доцент, доцент кафедры «Проектирование вертолетов», Московский авиационный институт (НИИУ); Москва  
e-mail: resinetsai@mai.ru*

*Аннотация.* В статье описаны исследование и анализ прочности слоев композитной втулки типа StarFlex несущего винта (НВ) для проекта вертолета средней грузоподъемности. Анализируется влияние выбора полимерного композиционного материала (ПКМ) для элементов композитной втулки – звездообразного упругого торсиона и кронштейнов, на массово-жесткостные и прочностные характеристики втулки НВ вертолета. Рассматриваются преимущества и недостатки применения композитов в конструкции втулок НВ вертолетов по сравнению с металлическими. Приводятся доводы по необходимости внедрения в процесс проектирования композитных агрегатов вертолетов мощных современных дизайнерских программ моделирования, технологического и прочностного анализа типа CAD/CAM/CAE [1]. Сделаны выводы о влиянии таких программ на качество создаваемых композитных агрегатов.

*Ключевые слова:* полимерные композиционные материалы, стеклопластики, втулка несущего винта, метод конечных элементов, термокомпрессионный способ формования, критерий разрушения.

*Summary.* The article describes the study and analysis of the strength of the layers of the StarFlex type composite sleeve of the main rotor (HB) for a medium-lift helicopter project. The influence of the choice of a polymer composite material (PCM) for the elements of a composite sleeve – a star-shaped elastic torsion bar and brackets – on the mass-stiffness and strength characteristics of the helicopter's HB sleeve is analyzed. The advantages and disadvantages of using composites in the design of helicopter hub sleeves in comparison with metal ones are considered. The article provides arguments for the need to introduce powerful modern design programs for modeling, technological, and strength analysis, such as CAD/CAM/CAE, into the process of designing composite helicopter assemblies [1]. The article concludes that such programs have a significant impact on the quality of the resulting composite assemblies.

*Keywords:* polymer composite materials, fiberglass plastics, bearing screw sleeve, finite element method, thermocompression molding method, failure criterion.

Шарнирная втулка НВ является основным способом присоединения лопастей для большинства вертолетов. Однако такой втулке свойственны недостатки: большое число деталей, трудоемкость ремонта и обслуживания, невысокое весовое совершенство. Для многих вертолетов также требуются высокие показатели маневренности и управляемости, которые труднодостижимы в рамках конструкции классической металлической шарнирной втулки НВ. Вследствие перечисленных причин существует необходимость в совершенствовании конструкции втулки НВ.

Современные достижения в области ПКМ и методов компьютерного проектирования позволили

разработать принципиально новую конструкцию втулки НВ, в которой необходимые степени свободы движения лопасти создаются за счет упругости элементов втулки. Примером такой конструкции является втулка типа StarFlex, разработанная французской фирмой Aerospatiale, в которой все металлические шарниры заменяются упругими элементами, в том числе из стеклопластика (рис. 1).

Эта втулка имеет простую конструкцию, небольшую стоимость и почти не требует обслуживания. При этом втулка StarFlex успешно прошла испытания при полете на скоростях до 315 км/ч и вертикальной перегрузке  $n_y=2$ . Основным недостатком втулки StarFlex – повышенный уровень колебаний, передаваемых на вертолет, в сравнении с шарнирными втулками или втулками с эластомерными подшипниками. Таким образом, конструкция втулки StarFlex представляет большой интерес вследствие простоты ее обслуживания, благоприятных экономических показателей и достижимых благодаря ей выдающихся летно-технических характеристик вертолета. Значительным преимуществом втулки является большое снижение ее массы по сравнению с шарнирной втулкой НВ вертолета (до 30%) [2].

Втулка с упругим стеклопластиковым элементом типа StarFlex (рис. 2) выполнена почти полностью из стеклопластика в форме трехлучевой звезды с центральным корпусом 1 большой толщины и с треугольными в плане лучами-кронштейнами 7, имеющими сравнительно тонкое поперечное сечение. Форма кронштейнов 7 обуславливает их большую жесткость в плоскости вращения и достаточную упругость в плоскости взмаха. В конструкции втулки используются находящиеся в центральной части корпуса сферические упорные подшипники 2 из слоистого эластомера, передающие на корпус 1 центробежные силы лопастей 4 и образующие осевые шарниры совместно с самосмазывающимися универсальными шарнирами, расположенными на концах кронштейнов корпусов втулки.

Кронштейны 7 не воспринимают центробежные силы, их роль заключается в подаче на лопасти крутящего момента и в удержании лопастей во время стоянки вертолета. Размеры и сечение кронштейнов определяются главным образом требованиями к статическому свесу лопастей. Между кронштейнами располагается упругий стеклопластиковый торсион 6 с профилированными утолщениями, обеспечивающий передачу центробежных



Рисунок 1. Общий вид втулки НВ типа StarFlex вертолета AS350B3

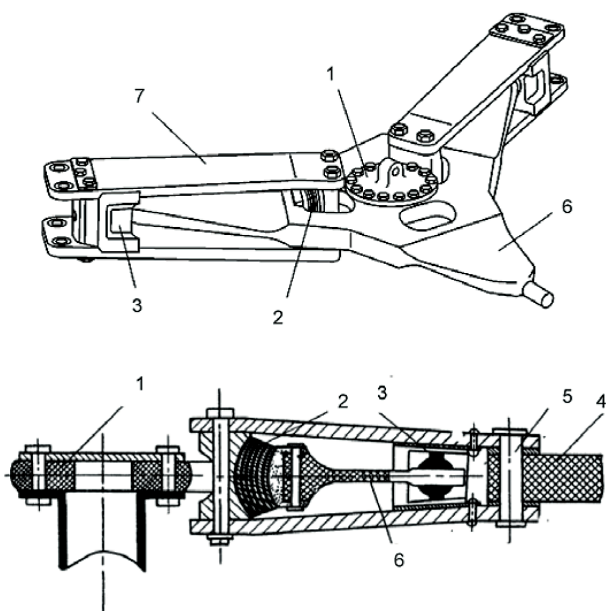


Рисунок 2. Конструкция втулки с упругим стеклопластиковым элементом типа StarFlex: 1 – корпус втулки; 2 – сферический эластомерный подшипник; 3 – шаровая опора; 4 – лопасть; 5 – болт крепления лопасти; 6 – упругий элемент; 7 – кронштейны

Источник: [3]

сил от лопастей на сферические упорные подшипники 2. Конструкция упругих кронштейнов и крепление поводка поворота лопасти относительно осевого шарнира к упорному подшипнику позволяют полностью избавиться за счет увеличения жесткости кронштейнов в плоскости вращения от нежелательной геометрической нелинейной взаимосвязи между маховыми и крутильными колебаниями кронштейна. Для восприятия перерезывающих сил втулка имеет шаровую опору 3, относительно которой происходит закручивание лопасти.

Звездообразная пластина изготавливается методом горячего прессования пакета предварительно пропитанных слоев стеклоткани. Раскрой обработанных таким образом тканевых материалов осуществляется с помощью лазера на станках с числовым программным управлением. После укладки в пресс-форму происходит полимеризация пластины при заданных режимах давления и температуры. Переходник втулки также изготовлен из композитных материалов. Самосмазывающийся шарнир и многослойный упорный шарнир позволяют лопасти поворачиваться относительно продольной оси и выполняют функции осевого шарнира.

Таким образом, втулка StarFlex представляет собой композитную бесшарнирную втулку НВ, содержащую упругие композитные элементы в системе взмаха и качания лопасти. При этом нужно заметить, что от точности и качества конструирования композитных деталей и узлов будет зависеть прочность и ресурс всей конструкции втулки НВ [4].

Для проектируемого одновинтового вертолета среднего класса (рис. 3) была смоделирована втулка НВ со стеклопластиковым торсионом типа StarFlex, 3D-модель которой показана на рис. 4.

В приведенной конструкции звездообразного торсиона кронштейны, воспринимающие центробежную силу лопасти, выполнены из стеклоткани ВПС-10 (Т25ВМ-78) ТУ6-11-380-76 со связующим 5-211-БН ТУ1-218-17-84 на основе эпоксидной смолы и отвердителя анилино-фенолоформальдегидного типа [3]. Применение ПКМ, армированных непрерывными волокнами, обеспечивает конструкции высокие механические свойства: прочность, упругость, вибростойкость при малой плотности. Свойства стеклоткани ВПС-10 (Т-25ВМ-78) показаны в табл. 1.

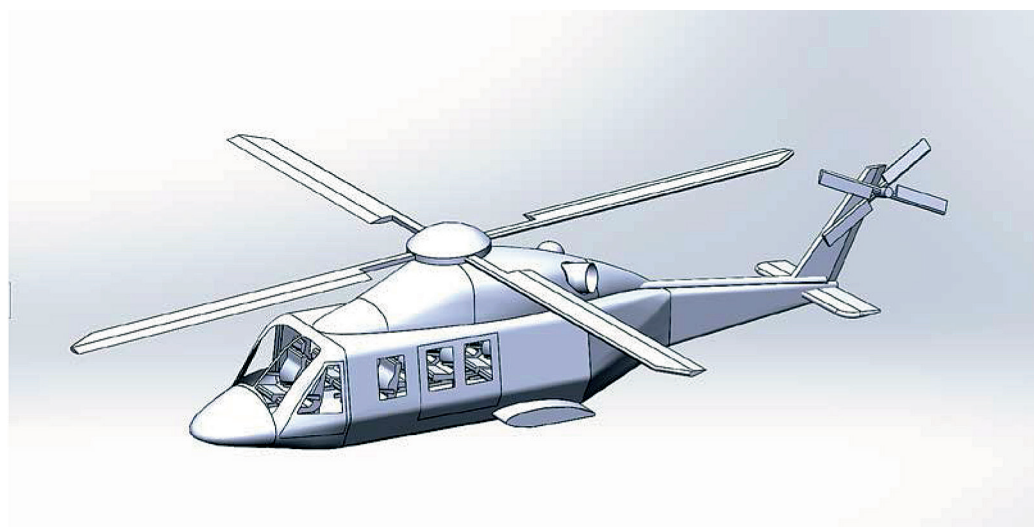


Рисунок 3. Общий вид проектируемого одновинтового вертолета

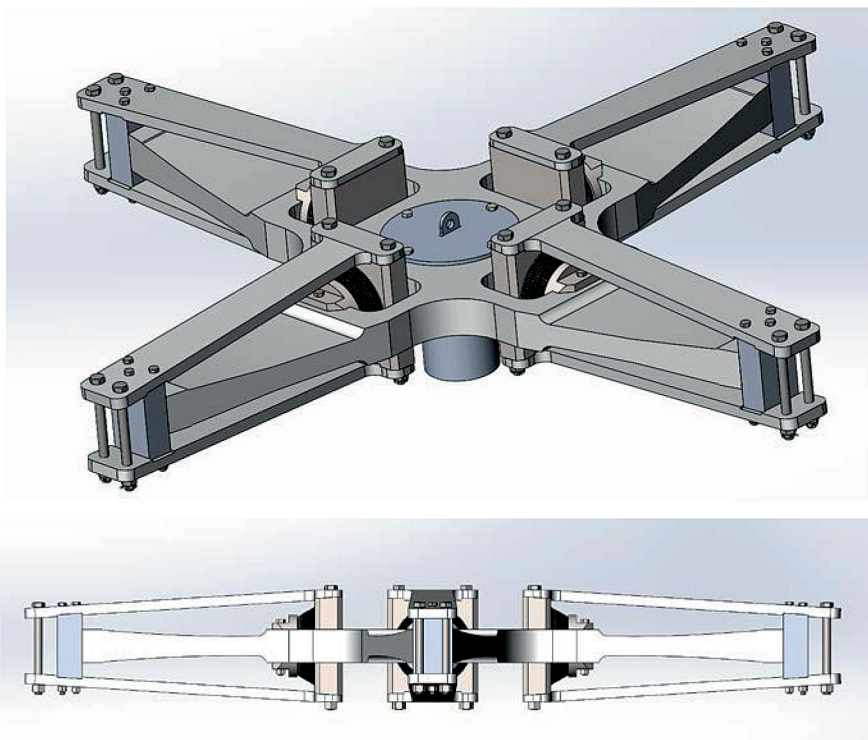


Рисунок 4. 3D-модель композитной втулки НВ типа StarFlex в сборе

Таблица 1. Физико-механические свойства  
стеклоткани ВПС-10 (Т-25ВМ-78)

Материал	ВПС-10 (Т-25ВМ-78)
Содержание волокна, %	67–72
$\sigma_{в1} = \sigma_{раст}^0$ , МПа	1150
$\sigma_{в2} = \sigma_{раст}^{90}$ , МПа	90
$\sigma_{-в1} = \sigma_{сж}^0$ , МПа	69
$\sigma_{-в2} = \sigma_{сж}^{90}$ , МПа	20
$[\tau_{12}]$ , МПа	29
$E_1$ , МПа	55 000
$E_2$ , МПа	19 000
$G_{12}$ , МПа	6500
$\mu_{12}$	0,26
$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	1,89
$\delta^i$ , мм	0,26
$T_{отв}$ , 0С	160
$[T_{раб}]$ , 0С	-40...+70
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1850

По выбранным из проектировочного расчета геометрическим размерам основных композитных элементов втулки НВ были построены эскизы и 3D-модели в CAD-программе SolidWorks упругого звездообразного торсиона (рис. 5) и кронштейна (рис. 6).

Основной конструктивный элемент втулки типа StarFlex, упругая звездообразная пластина, имеет лучи, которые должны иметь достаточную

податливость в плоскости взмаха. Необходимая податливость (упругость) пластины обеспечивается неравномерной толщиной лучей, которая уменьшается в средней части. Верхний предел требуемого уровня податливости в плоскости взмаха определяется статическим свесом лопасти, а нижний – требованиями прочности и характеристиками управляемости. Это налагает сложность в формовании композитных слоев [5]. Форма кронштейнов определяется в основном требованиями к статическому свесу лопастей и позволяет использовать постоянную по длине толщину слоев.

На примере анализа прочности и жесткости композитного кронштейна будет показано влияние точности определения значений критерия разрушения на качество конструирования композитной детали.

Для расчета нагружения кронштейнов втулки StarFlex центробежной силой и определения напряжений используется программа ANSYS. Это универсальная программная система анализа методом конечных элементов (МКЭ), существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчетов (CAE) и для решения МКЭ линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твердого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструк-

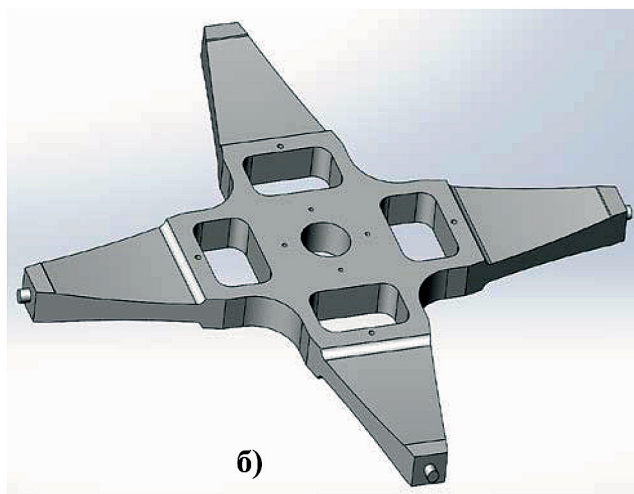
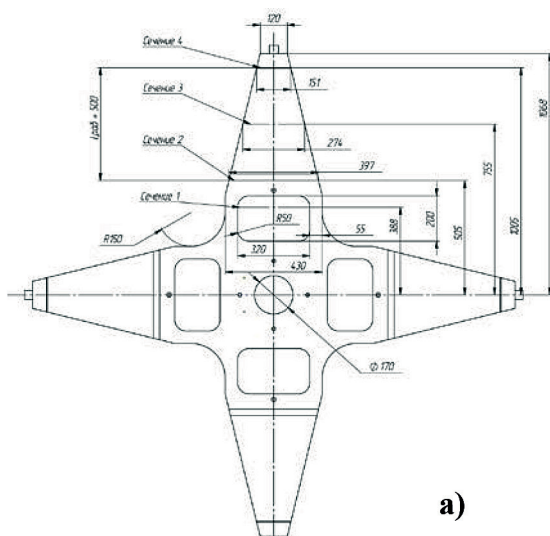


Рисунок 5. Эскиз (а) и 3D-модель (б) звездообразного композитного торсиона, построенная в САД-программе SolidWorks

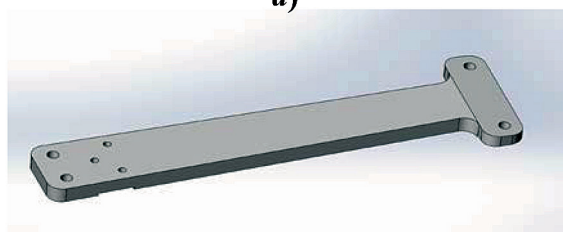
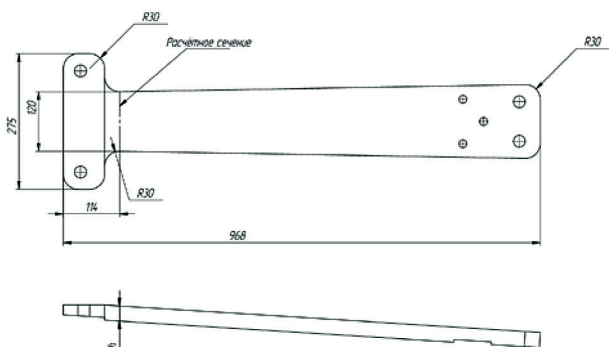


Рисунок 6. Эскиз (а) и 3D-модель (б) композитного кронштейна, построенная в САД-программе SolidWorks

ций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Расчет стеклопластиковых кронштейнов ведется в трех различных модулях программы ANSYS:

- Ansys Composite PrepPost (Pre) используется для задания структуры ПКМ;
- Ansys Static Structural используется для задания граничных условий и нагрузок, а также производит статический расчет на прочность;
- Ansys Composite PrepPost (Post) используется для расширенного анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) слоистого композита,

в том числе для вычисления значений критериев разрушения ПКМ.

С помощью 3D-модели была построена сетка конечных элементов (КЭ) кронштейнов в модуле Ansys Composite PrepPost. В качестве данных о ПКМ (Engineering Data) заданы свойства используемого композита – стеклопластика ВПС-10 (Т-25ВМ-78) со связующим 5-211-БН (рис. 7).

На поверхностях кронштейнов были построены гексагональные КЭ. Размер ребра элемента сетки – 5 мм. Можно заметить, что подавляющее большинство элементов сетки не искажены и имеют высокое качество. Для дальнейшего расчета требуется задание систем координат, на основе которых будут выкладываться слои композита. Направление волокон с углом армирования  $0^\circ$  соответствует продольному направлению кронштейна.

Далее задаются параметры типового пакета. Кронштейны нагружены преимущественно продольно – их растягивает центробежная сила лопасти. В связи с этим 3/4 слоев выкладываются с углом армирования  $0^\circ$  для наилучшего восприятия растягивающей силы. Оставшиеся 1/4 слоев выкладываются с углом армирования  $45^\circ$  для обеспечения прочности кронштейнов в других направлениях. Для обеспечения требуемой прочности кронштейнов укладываются 40 пакетов по заданной схеме. Общее число слоев стеклоткани – 160, толщина одного слоя стеклоткани – 0,26 мм. Тогда толщина кронштейна равна 41,6 мм. Общий вид конечно-элементной модели (КЭМ) кронштейнов из заданного количества пакетов стеклоткани и результаты расчета НДС кронштейнов с визуализацией наиболее нагруженных слоев стеклоткани укладки  $0^\circ$  (а) и  $45^\circ$  (б) приведены на рис. 8.

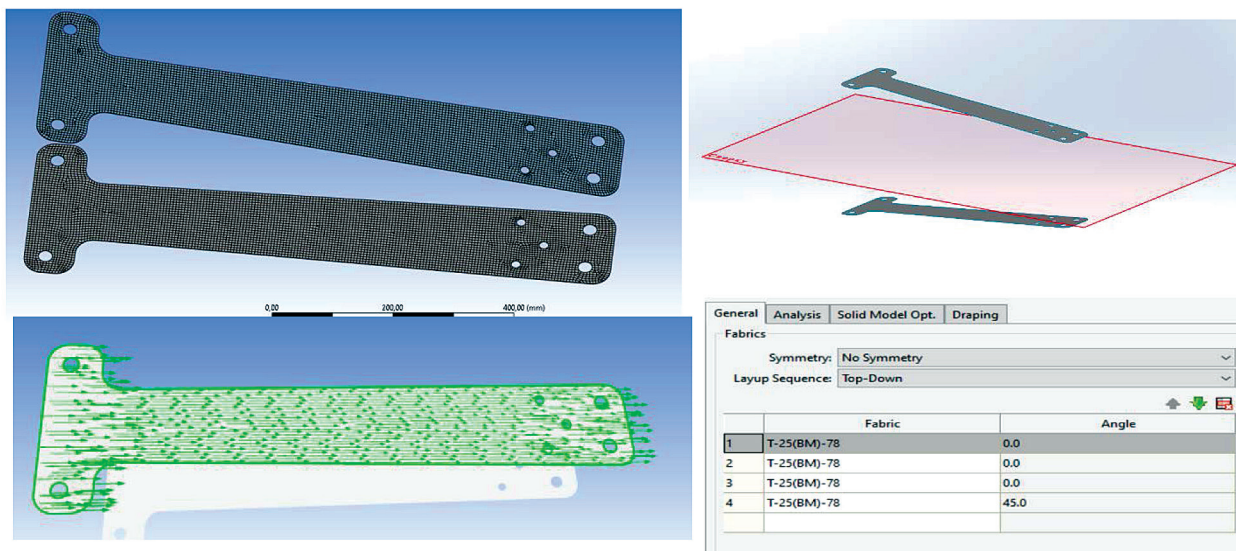


Рисунок 7. Конечно-элементная сетка со свойствами ПКМ, построенная на кронштейнах в модуле Ansys Composite PrepPost

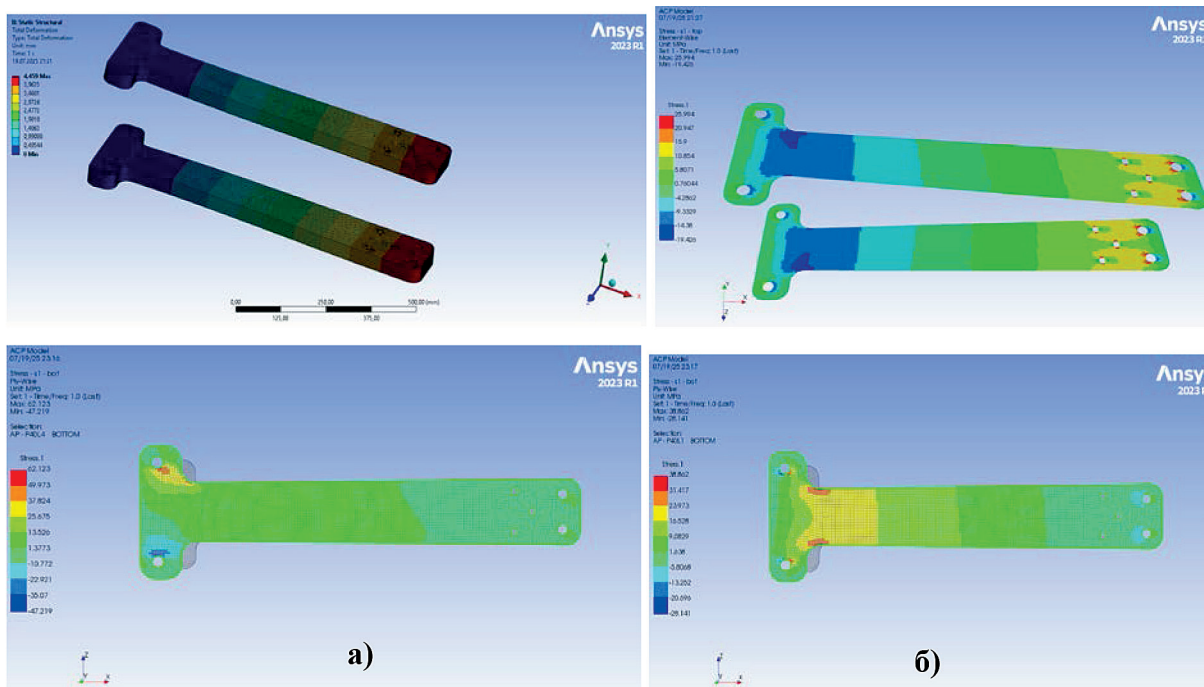


Рисунок 8. Результаты расчета напряженно-деформированного состояния кронштейнов с визуализацией наиболее нагруженных слоев стеклоткани укладки  $0^\circ$  (а) и  $45^\circ$  (б)

В модуле Ansys Static Structural предварительно были заданы условия расчета. На рис. 9 синим обозначены отверстия крепления кронштейнов к эластомерному подшипнику. Они заданы как жесткая заделка, то есть на эти отверстия наложены ограничения по всем степеням свободы. К отверстиям стыковки лопасти приложена центробежная сила лопасти

Центробежная сила приложена при помощи функции Remote force (удаленная сила) в плоскости симметрии между кронштейнами. Направле-

ние центробежной силы на рис. 9 обозначено красной стрелкой.

На результатах прочностного расчета видно, что наибольшие напряжения концентрируются на отверстиях. На рис. 8 приведены напряжения на наиболее нагруженных слоях стеклоткани с углами укладки  $0^\circ$  и  $45^\circ$  соответственно.

Опасность разрушения детали из композиционного материала можно оценить при помощи критерия разрушения. В данном расчете используется критерий разрушения Цая-Ву [5], применяемый

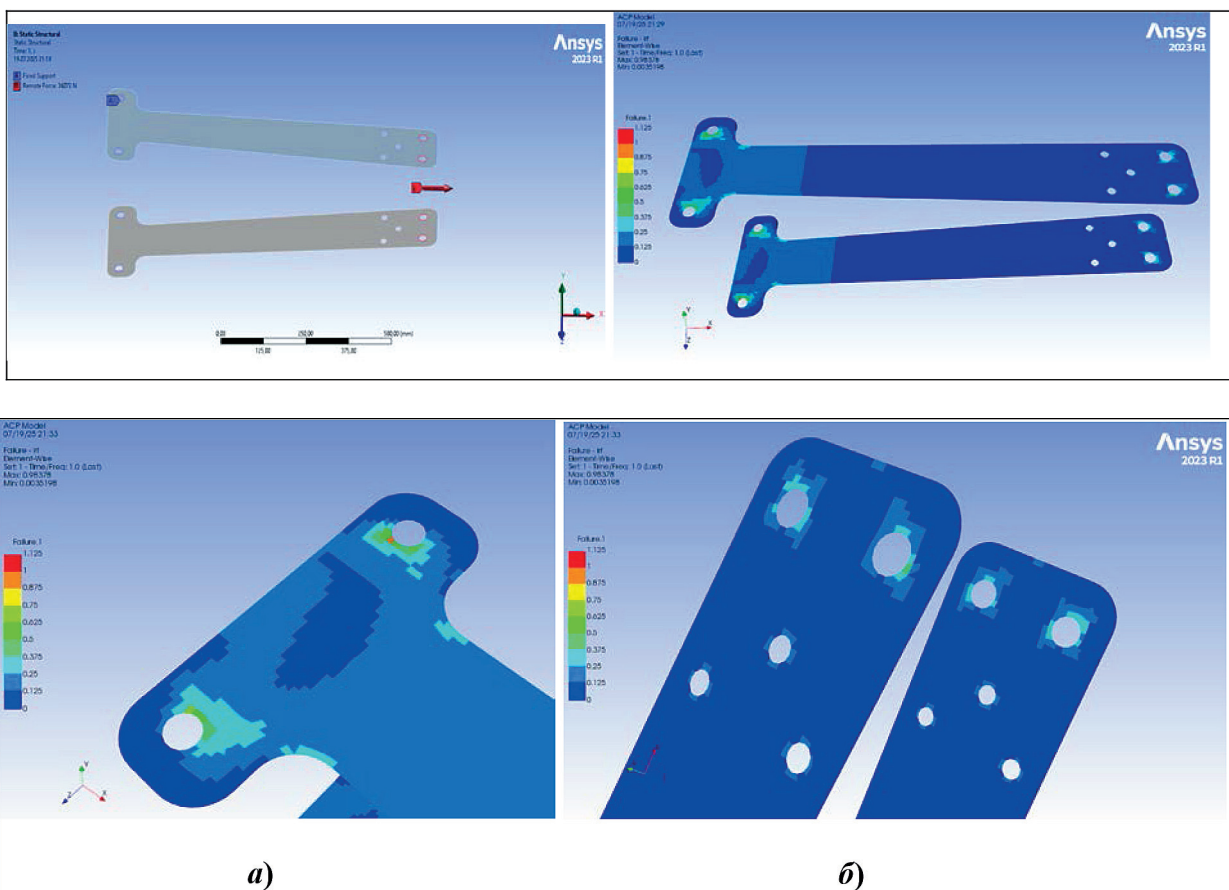


Рисунок 9. Результаты расчета значений критерия разрушения Цая-Ву кронштейнов с визуализацией наиболее нагруженных слоев около отверстий крепления к эластомерному подшипнику (а) и узлу крепления лопасти (б)

для определения запаса прочности композитных ортотропных изделий. Прочность сохраняется, если критерий Цая-Ву  $S < 1$ . Запас прочности при известном критерии Цая-Ву можно определить по следующей формуле:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{S}}, \quad (1)$$

где  $S$  – критерий разрушения Цая-Ву.

На рис. 9 приведены результаты расчета значений критерия разрушения Цая-Ву на кронштейнах. Можно заметить, что наибольшие значения  $S$  достигаются вокруг отверстий из-за концентрации напряжений. Максимальное значение критерия разрушения Цая-Ву  $S_{\max} = 0,984$ , то есть прочность детали сохраняется и разрушения при заданной нагрузке не происходит. Запас прочности согласно (1) равен:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{0,984}} = 1,008$$

Так как запас прочности  $\eta$  близок к 1, это говорит о высоком весовом совершенстве спроектированных кронштейнов. Это в целом говорит о высоком весовом совершенстве спроектированной конструкции втулки НВ.

## Выводы

Для проектируемого одновинтового вертолета была сконструирована перспективная композитная втулка типа StarFlex HB на базе 3D-модели, созданной в CAD-программе SolidWorks с учетом потребных кинематических перемещений и расчета прочности при помощи МКЭ в программе ANSYS. По итогам расчета для деталей втулки были определены перемещения и значения критерия разрушения Цая-Ву и запасы прочности по ним. Максимальное значение критерия разрушения Цая-Ву  $S_{\max} = 0,984$  не превысило 1, что говорит о прочности конструкции композитной втулки HB и о высоком весовом совершенстве агрегата. По заданным ПКМ была определена примерная масса конструкции. Масса спроектированной втулки HB составила 311 кг, что говорит о выигрыше в весе по сравнению с обычной трехшарнирной втулкой. Следует также отметить, что при разработке деталей и узлов из ПКМ точность определения значений критерия разрушения существенно влияет на качество конструирования агрегата.

### Источники

1. Бельский А.Б., Ресинец А.И., Башаров Е.А., Ресинец А.А. Конструирование агрегатов вертолетов: Учеб. пособие. М.: Изд-во МАИ, 2025 104 с.
2. Башаров Е.А. Конструирование агрегатов несущих систем, шасси и трансмиссии вертолетов из полимерных композиционных материалов: Учеб. пособие. М.: Изд-во МАИ, 2023. 160 с.
3. Сохань О.Н. Конструирование втулок несущих винтов: Учеб. пособие. М.: Изд-во МАИ, 1981. 56 с.
4. Туркина А.И. Расчет на прочность винтов современных вертолетов: Методич. пособие. М.: Изд-во МАИ, 1990. 36 с.
5. Васильев В.В., Добряков А.А., Дудченко А.А. и др. Основы проектирования и изготовления конструкции ЛА из композиционных материалов. М.: Изд-во МАИ, 1985. 218 с.

### References

1. Belsky A.B., Resinets A.I., Basharov E.A., Resinets A.A. Design of Helicopter Units: Textbook. Moscow, MAI Publishing House, 2025, 104 p.
2. Basharov E.A. Design of helicopter support systems, chassis, and transmission units made of polymer composite materials: Textbook. Moscow, MAI Publishing House, 2023, 160 p.
3. Sokhan O.N. Design of Propeller Bushing: Textbook. Moscow, Publishing House of the Moscow Aviation Institute, 1981, 56 p.
4. A.I. Strength Calculation of Modern Helicopter Propellers: A Methodological Turkina Guide. Moscow, MAI Publishing House, 1990, 36 p.
5. Vasilyev V.V., Dobryakov A.A., Dudchenko A.A., et al. Fundamentals of Aircraft Design and Manufacturing from Composite Materials Moscow, MAI Publishing House, 1985, 218 p.



2.5.22  
УДК 658.56

# Организация производства и анализ воздействия введения цифрового завода на отбор сотрудников компании

**В.А. Олаев,**

аспирант, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова;  
г. Чебоксары  
e-mail: teste12@yandex.ru

**В.Л. Семенов,**

канд. экон. наук, доцент, декан факультета управления и социальных технологий, заведующий кафедрой техносферной безопасности, метрологии и технологии материалов, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; г. Чебоксары  
e-mail: wlad21@mail.ru

**Аннотация.** Статья исследует влияние цифрового завода на отбор персонала в мебельной отрасли. В статье выявлена трансформация трудовых функций, дефицит цифровых компетенций. Предложены меры адаптации HR-стратегии: обучение, наставничество, мотивация.

**Ключевые слова:** цифровой завод, подбор персонала, компетенции, мебельное производство, цифровые навыки, переобучение, HR-стратегия, автоматизация отбора, цифровая зрелость компании, трансформация HR-процессов, HR-аналитика, умное производство, цифровая грамотность персонала завода.

**Summary.** This article examines the impact of the digital factory on personnel selection in the furniture industry. It identifies the transformation of job functions and a shortage of digital competencies. It proposes measures to adapt HR strategies, including training, mentoring, and motivation.

**Keywords:** digital factory, personnel selection, competencies, furniture production, digital skills, retraining, HR strategy, selection automation, company

digital maturity, HR process transformation, HR analytics, smart manufacturing, digital literacy of factory personnel.

## Введение

Цифровые модификации промышленных компаний, созданные в соответствии с системой Индустрии 4.0, выдвигают новые требования к обеспечению кадрами предприятий, занимающихся производственной деятельностью. Введение компонентов цифрового завода – MES-режимов, автоматизированных линий, роботизированных систем – требует как крупных финансовых вложений в оборудование, так и в программное обеспечение, кардинальной переоценки подходов к управлению сотрудниками [1].

Отраслевые эксперты заметили, что цифровая трансформация мебельной промышленности на территории Российской Федерации встречается с серьезным препятствием – неподготовленностью сотрудников к работе в новой обстановке [2]. Образуется понятие «цифрового разрыва» между технологическими возможностями передового оборудования и реальными знаниями работников, что приводит к безрезультатному применению дорогих активов, нарушениям производственных сроков, а также к увеличению брака продукта [3].

Задача статьи – понять, как влияет внедрение цифрового завода на требования к кадрам мебельной компании и подготовить советы по адаптации концепции выбора и обучению работников к условиям цифрового изготовления.

В целях достижения определенной цели планируется решение следующих задач:

- обнаружить модификации в требованиях к способностям сотрудников на разных стадиях введения цифрового завода;
- рассмотреть имеющиеся подходы к выбору и обучению работников в мебельных компаниях в условиях цифровизации;
- создать советы по адаптации системы управления кадрами к потребностям цифрового мебельного изготовления.

## Основная часть

*Теоретические нюансы воздействия цифровизации на кадровый резерв промышленных компаний*

Цифровая трансформация, созданная в рамках системы Индустрии 4.0, – это не только технологическая модернизация производства, но и фундаментальное преобразование бизнес-моделей, а также организационных структур. Введение компонентов цифрового завода – MES-концепций, автоматизированных линий, роботизированных конструкций, а также сквозного программного обеспечения – неминуемо приводит к изменению требований к персоналу и организации управления человеческими ресурсами [1, 4].

Ученые считают, что основным препятствием на пути компьютеризации становится не столько цена на оборудование, сколько «человеческий фактор». Возникает явление «цифрового разрыва» между вероятными возможностями нового оснащения и реальными компетенциями работников, что приводит к безрезультатному применению активов, увеличению производственных затрат [3].

*Изменение требований к компетенциям штата сотрудников*

Под воздействием цифровизации пересматривается содержание труда основных производственных специальностей. Если в традиционной модификации конструктор занимался в основном черчением в AutoCAD, а также выпуском бумажных чертежей, то в условиях цифровой организации ему необходимо выполнять 3D-моделирование на параметрических CAD-установках, работать с библиотеками материалов, в том числе совершать генерацию управляющих программ [4, 5]. Подобным образом меняются функции технолога: от ручного написания технических процессов – к настройке постпроцессоров, к рассмотрению большого объема информации, которая поступает из MES-систем.

*Обстановка на рынке труда и HR-стратегии промышленных компаний*

Сформировавшийся запрос на «цифрового сотрудника» начинает противоречить реальной ситуации на рынке труда. Российские тенденции подтверждают резкий дефицит тех сотрудников, у которых имеются требуемые цифровые навыки. По экспертному анализу, свыше 85% владельцев средних и малых производственных компаний назвали недостаток грамотных сотрудников основным вызовом 2024 г., а автоматизирование и компьютеризацию они рассматривают как главный инструмент преодоления кадрового «голода» [3].

Контент-оценка вакансий, проводимая разными учеными, доказывает то, что требования к цифровым знаниям становятся массовыми. Работодатели все чаще указывают в описаниях вакансий необходимость владения определенными программными продуктами, а также информационными режимами [6]. При этом организация профессионального образования часто не успевает за трансформациями технологий.

Обобщая теоретический анализ, можно резюмировать, что, несмотря на признание значимости кадрового нюанса цифровизации, в научной литературе нет системного подхода к управлению работниками, трудящихся в мебельных организациях в условиях введения цифрового завода.

## Методика изучения

*Дизайн исследования*

В целях достижения установленной цели – анализа воздействия введения цифровой организации в систему отбора сотрудников в мебельной сфере – был использован дизайн многочисленного кейс-стади (keys-stadi) с применением способов триангуляции качественной и количественной информации [1].

Подобный подход дает возможность обеспечить достоверность заключений благодаря сопоставлению данных, полученных из разных источников, и определения устойчивых закономерностей, свойственных для компаний мебельной промышленности в условиях цифровой модификации [7].

Предметы изучения. Эмпирическую основу изучения составили 3 мебельных предприятия, находящиеся на разных этапах введения компонентов цифрового завода:

- ООО «Мебельная фабрика № 1» (Москва) – компания с законченным проектом введения MES-системы, а также автоматизированных линий раскроя (период цифровизации – 36 месяцев);
- ООО «Северная мебель» (Санкт-Петербург) – предприятие, находящееся на стадии активных цифровых изменений (введение CAD/CAM-систем, а также технического зрения);
- ООО «Юг-Мебель» (Краснодар) – организация, которая осуществляет пилотное введение отдельных цифровых блоков.

Подбор этих предметов обусловлен потребностью в охвате разных стадий цифровой зрелости, что помогает изучить динамику трансформации требований к сотрудникам при углублении цифровизации производственных процессов [8].

Способы сбора и рассмотрения информации  
Анализ выполнен с применением следующих четырех взаимодополняющих методик.



1. Изучение должностных инструкций ( $n = 50$ ). Было рассмотрено 50 должностных инструкций по основным производственным профессиям (операторы станков с ЧПУ, техники, технологи, мастера, руководители цехов) в двух временных срезах: до введения цифровых технологий, а также после (или актуальные редакции для компаний в ходе модификации).

Исследование проводилось по методу, предполагающему подчеркивание в текстах инструкций требований к цифровым компетенциям, а также владению информационными концепциями [5]. Эта методика дает возможность закрепить формальные модификации в квалификационных требованиях, образующиеся под воздействием цифровизации производственных процессов [9].

2. Полуструктурированные разговоры с начальниками ( $n = 6$ ). Проведено 6 глубоких интервью с начальниками высшего, среднего звена анализируемых компаний: директорами по изготовлению, начальниками цехов, шефами HR-отделов. Каждое интервью длилось 45–60 мин.

Во время разговора выяснялись:

- модификации в требованиях к навыкам сотрудников, которые произошли после введения цифровых технологий;
- проблемы, с которыми встретились руководители в период адаптации работников к новым условиям;
- процедуры выбора и обучения, используемые для преодоления недостатка цифровых компетенций [10, с. 48].

3. Опрос работников ( $n = 60$ ). Создана анкета в целях оценки степени цифровых знаний производственных работников, содержащая следующие блоки:

- самооценка владения программным обеспечением, а также оборудованием;
- желание освоить новые технологии;
- понимание изменений, которые связаны с цифровизацией;
- выявленная необходимость обучения.

Анкетирование проводилось у операторов станков с ЧПУ, технологов, а также наладчиков трех компаний (по 20 участников от любого). Отбор формировался по методу целевой выборки вместе с охватом абсолютно всех ключевых производственных зон [8].

4. Контент-анализ должностей ( $n = 200$ ). Было рассмотрено 200 вакансий мебельных организаций, которые размещены на портале hh.ru в 2024–2025 гг. Подбор должностей выполнялся по основным фразам: «мебельное производство», «оператор станков с ЧПУ», «технолог мебельного производства», «мастер мебельного цеха».

### Обработка информации

Качественные сведения (беседа, открытые вопросы анкет) обрабатывались способом тематического рассмотрения с выделением основных категорий, а также паттернов [7]. Количественная информация подвергалась статистической обработке с применением способов описательной статистики (подсчет средних значений, распределений частот) в программе MS Excel.

### Ограничения изучения

При подведении итогов следует учесть те ограничения, которые связаны с объемом выборки и отраслевыми особенностями исследуемых заводов. Полученные заключения могут касаться компаний среднего сектора мебельной промышленности, проходящих этап цифровой модификации, но призывают к осмотрительности в случае экстраполяции в большие мебельные холдинги либо микропредприятия [11].

### Итоги изучения

#### Преобразование профессий в мебельном изготовлении

Введение компонентов цифрового завода приводит к значительным изменениям функционального содержания труда основных категорий работников мебельных компаний. Проведенная оценка должностных инструкций ( $n = 50$ ) и беседа с начальниками ( $n = 6$ ) дали возможность обнаружить модификации в трудовых функциях по четырем основным специальностям (см. таблицу).

#### Изменение трудовых функций сотрудников в условиях цифровой организации

Специальность	Основные функции	Новые функции (цифровое предприятие)
Конструктор	Чертежи в AutoCAD	Создание бумажных чертежей 3D-моделирование в параметрических CAD, работа с библиотеками материалов, генерирование управляющих программ
Технолог	Написание технических процессов вручную	Наладка постпроцессоров, оптимизация программ, анализ данных MES-систем
Оператор станков с ЧПУ	Ручной ввод программ, подстройка режимов	Работа с управляющими программами из сети, проверка показаний датчиков, перенастройка под новые заявки

Специальность	Основные функции	Новые функции (цифровое предприятие)
Руководитель цеха	Контроль за выполнением плана, «тушение пожаров»	Аналитика в реальном времени, управление на основе данных, прогнозирование загрузки

Как замечают ученые, цифровизация изготовления приводит к тому, что операторы станков с ЧПУ обязаны не просто нажимать на кнопки, а осознавать логику работы оснащения, а также коммуницировать с информационными концепциями [5]. Оценка продемонстрировала то, что в компаниях с большой степенью цифровизации (Москва, Санкт-Петербург) функции конструкторов расширились благодаря потребности в генерировании управляющих программ в CAD-системах, что раньше выполняли технологи отдельно [4].

Базовые цифровые способности:

- деятельность с CAD/CAM-концепциями на уровне выше «опытного пользователя»;
- знание логики MES-систем (введение и выход информации, деятельность с интерфейсом);
- способности работы с офисным пакетом, в том числе аналитическими возможностями Excel [10, с. 48].

Советы по адаптации HR-стратегии

На базе выполненного изучения разработаны советы по адаптации концепции выбора и обучения работников к условиям цифрового мебельного изготовления.

Переквалификация как приоритетная тенденция:

- построение корпоративных учебных центров в целях подготовки операторов, а также технологов (как демонстрирует практика, это потребует существенных ресурсов, однако предоставляет долговременный эффект) [12];
- введение программы наставничества, если опытные работники обучают молодых специалистов прямо на рабочем месте;
- проведение курсов повышения квалификации на основе вузов, а также учебных центров изготовителей оборудования [9].

Мотивация и сохранение работников:

- внедрение KPI благодаря качеству вводимой в информационные системы информации;
- бонусы за советы по оптимизированию технологических процессов;
- введение концепции грейдинга, которая учитывает степень цифровых знаний [11].

Ученые заметили, что непосредственно комплексный путь к управлению штатом, совмеща-

ющий переквалификацию, изменение критериев выбора и формирование партнерства с образовательными заведениями, дает возможность свести к минимуму кадровые риски при введении цифровой компании [8, с. 109].

## Итоги

Сравнение с теоретическими положениями

Полученные в процессе изучения результаты об изменениях профессий и требований к компетенциям сотрудников в мебельной сфере совпадают с мировыми тенденциями, которые описаны в рамках системы Индустрии 4.0.

По мнению исследователей, компьютеризация промышленности приводит к тому, что обыденные действия автоматизируются, а человек переключается на осуществление функций контроля, рассмотрения и принятия решений в базе информации [4]. Обнаруженное в нашем исследовании пополнение функционала операторов станков с помощью ЧПУ благодаря взаимодействию с MES-системами и аналитике подтверждает это мнение.

Руководители компаний заметили, что попытки заменить опытных работников на молодых специалистов, владеющих цифровыми технологиями, однако не знающих особенности изготовления, приводят к увеличению брака и уменьшению производительности.

Особенности мебельной сферы заключаются в том, что профильные образовательные программы нередко не успевают за изменениями технологий. Университеты и колледжи обучают специалистов на старом оборудовании и программном обеспечении, а это требует от компаний дополнительных капиталовложений в доучивание выпускников [8].

## Вывод

Проведенный анализ оценки воздействия введения цифрового завода на выбор персонала на мебельном предприятии помог решить определенные задачи и сделать несколько теоретических и практических заключений. Выявлено преобразование специальностей в мебельном изготовлении под воздействием цифровизации.

На примере четырех основных специальностей (конструктор, технолог, оператор станков с ЧПУ, руководитель цеха) представлено то, что введение компонентов цифрового завода приводит к расширению функционала, а также возникновению свежих трудовых функций, которые связаны с работой в информационных системах, рассмотрением информации и программированием [4, с. 106]. Обычные «ремесленные» специальности модифицируются в профессии, требующие совмещения



технологических знаний с цифровыми компетенциями.

Обоснована потребность в замене HR-стратегии. В ситуациях с дефицитом готовых специалистов на рынке основным направлением становится внутреннее обучение, расширение штата сотрудников. Более результативными практиками признаются построение корпоративных учебных центров, формирование наставничества, проведение стажировок для студентов профильных учебных учреждений [10, с. 50].

Актуальным является еще и анализ воздействия цифровизации на социально-психологический климат в коллективах, а также создание методов оценки готовности сотрудников к цифровой модификации [4].

### Источники

1. Методологические принципы цифровой трансформации системы управления персоналом современного бизнеса / Самарский государственный экономический университет. М.: Издательский центр РИОР, 2025. С. 101–110.

2. Цифровизация мебельной отрасли – реальность или хайп? [Электронный ресурс]. Мебель-2024: сайт. 2021. URL: [https://www.meb-expo.ru/ru/media/digest/digest\\_2021N45/?i4=9&id4=7392](https://www.meb-expo.ru/ru/media/digest/digest_2021N45/?i4=9&id4=7392)

3. Промышленники надеются на автоматизацию и цифровизацию [Электронный ресурс]. Компания. 2024. 6 февраля. URL: <https://ko.ru/articles/promyshlenniki-nadeyutsya-na-avtomatizatsiyu-i-tsifrovizatsiyu/>

4. Ткаченко И.С., Антипов Д.В., Куприянов А.В. и др. Концептуальная модель цифрового завода производственных предприятий аэрокосмической отрасли // Известия Самарского научного центра РАН. 2023. Т. 25, № 3. С. 90–106.

5. Гегедюш Н.С., Масленникова Е.В., Осипов В.А. Модели цифровой компетентности государственных служащих: подходы к формированию и оценке // Вестник университета. 2022. № 10. С. 20–27.

6. Авдеенков В.А., Андреев А.В., Бунькин В.И., Мастяев Ф.А. Цифровизация HR-процессов в российских организациях: современное состояние и перспективы // Вопросы инновационной экономики. 2025. Т. 15, № 1. С. 271–282.

7. Бочаров В.Ю. Дифференциация трудовых отношений на современном высокотехнологичном предприятии (опыт case-study) // Социологические исследования. 2024. № 5. С. 54–65.

8. Шаталова Т.С., Семенюк И.Ю. Моделирование бизнес-процессов предприятий отечественного мебельного бизнеса в условиях цифровизации // Научный вестник Донецкого государственного университета. 2025. № 3. С. 98–109.

9. Коновалов М.А. Вызовы и угрозы в применении цифровых технологий при подборе персонала // Среднерусский вестник общественных наук. 2022. Т. 176 № 2. С. 104–122.

10. Власенко Т.А., Зеленьяк В.А., Кайтанский И.А. Формирование системы менеджмента персонала предприятий в условиях цифровизации // Вестник Хмельницкого национального университета. Экономические науки. 2024. № 334. С. 45–52.

11. Яковлева Е.В., Зуйкова Е.П. Мотивация работников в период Индустрии 4.0 // Экономика труда. 2018. Т. 5. № 2. С. 405–418.

12. На ЧФМК подвели промежуточные итоги цифровой трансформации ТООР, начатой в 2023 г. [Электронный ресурс]. ЛесПромИнформ: сайт. 2024. 8 ноября. URL: <https://beta.lesprominform.ru/news.html?id=23393>

### Использованные источники

13. Антонова А.А., Саулин А.Д. Методические аспекты оценки конкурентоспособности предприятий // Современный менеджмент: проблемы и перспективы: Сб. ст. по итогам XVI Международной научно-практической конференции / Под ред. Е.А. Горбашко, И.В. Федосеева. СПб.: Изд-во СПб-ГЭУ, 2021. С. 111–117.

14. Клименко А.Д. Когнитивные навыки работников промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации // Экономика. Социология. Право. 2024. № 3(31). С. 18–24.

15. Предприятие выходит в опытно-промышленную эксплуатацию [Электронный ресурс]. Mobilecomm: сайт. 2024. 16 июля. URL: <http://www.mobilecomm.ru/predpriyatye-vyehodit-v-opytno-promyshlennuyu-ekspluatatsiyu>

## References

1. SamarSKIY gosudarstvennyy ekonomicheskiy universitet. (2025). Metodologicheskie printsipy tsifrovoy transformatsii sistemy upravleniya personalom sovremennogo biznesa [Methodological principles of digital transformation of the personnel management system of modern business]. Izdatel'skiy tsentr RIOR, pp. 101–110.
2. Tsifrovizatsiya mebel'noy otrasli – real'nost' ili khayp? [Digitalization of the furniture industry – reality or hype?]. (2021). Mebel'-2024. Retrieved from [https://www.meb-expo.ru/ru/media/digest/digest\\_2021N45/?i4=9&id4=7392](https://www.meb-expo.ru/ru/media/digest/digest_2021N45/?i4=9&id4=7392)
3. Promyshlenniki nadeyutsya na avtomatizatsiyu i tsifrovizatsiyu [Industrialists hope for automation and digitalization]. (2024, February 6). Zhurnal "Kompaniya". Retrieved from <https://ko.ru/articles/promyshlenniki-nadeyutsya-na-avtomatizatsiyu-i-tsifrovizatsiyu/>
4. Tkachenko I.S., Antipov D.V., Kupriyanov A.V., et al. (2023). Kontseptual'naya model' tsifrovogo zavoda proizvodstvennykh predpriyatiy aerokosmicheskoy otrasli [Conceptual model of a digital factory for production enterprises of the aerospace industry]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, vol. 25, no. 3, pp. 90–106.
5. Gededush N.S., Maslennikova E.V., Osipov V.A. (2022). Modeli tsifrovoy kompetentnosti gosudarstvennykh sluzhashchikh: podkhody k formirovaniyu i otsenke [Models of digital competence of civil servants: approaches to formation and assessment]. Vestnik universiteta, no. 10, pp. 20–27.
6. Avdeenkov V.A., Andreev A.V., Bun'kin V.I., Mastyaev F.A. (2025). Tsifrovizatsiya HR-protssessov v rossiyskikh organizatsiyakh: sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Digitalization of HR processes in Russian organizations: current state and prospects]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki, vol. 15, no. 1, pp. 271–282.
7. Bocharov V.Yu. (2024). Differentsiatsiya trudovykh otnosheniy na sovremennom vysokotekhnologichnom predpriyatii (keys-stadi) [Differentiation of labor relations at a modern high-tech enterprise (case study)]. Sotsiologicheskie issledovaniya, no. 5, pp. 54–65.
8. Shatalova T.S., Semenyuk I.Yu. (2025). Modelirovanie biznes-protssessov predpriyatii otechestvennogo mebel'nogo biznesa v usloviyakh tsifrovizatsii [Modeling business processes of domestic furniture business enterprises in the context of digitalization]. Nauchnyy vestnik Donetskogo gosudarstvennogo universiteta, no. 3, pp. 98–109.
9. Konovalov M.A. (2022). Vyzovy i ugrozy v primenenii tsifrovyykh tekhnologiy pri podbore personala [Challenges and threats in the use of digital technologies in personnel selection]. Srednerusskiy vestnik obshchestvennykh nauk, vol. 17, no. 2, pp. 104–122.
10. Vlasenko T.A., Zelenyak V.A., Kaytanskiy I.A. (2024). Formirovanie sistemy menedzhmenta personala predpriyatiy v usloviyakh tsifrovizatsii [Formation of an enterprise personnel management system in the context of digitalization]. Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. Ekonomicheskie nauki, no. 334, pp. 45–52.
11. Yakovleva E.V., Zuykova E.P. (2018). Motivatsiya rabotnikov v period Industriy 4.0 [Motivation of workers during Industry 4.0]. Ekonomika truda, vol. 5, no. 2, pp. 405–418.
12. Na ChFMK podveli promezhutochnye itogi tsifrovoy transformatsii TOiR, nachatoy v 2023 godu [At ChFMK summed up the interim results of the digital transformation of TOiR, started in 2023]. (2024, November 8). LesPromInform. Retrieved from <https://beta.lesprominform.ru/news.html?id=23393>
13. Antonova A.A., Saulin A.D. (2021). Metodicheskie aspekty otsenki konkurentosposobnosti predpriyatiy [Methodological aspects of assessing enterprise competitiveness]. In E.A. Gorbashko & I.V. Fedoseeva (Eds.), *Sovremennyy menedzhment: problemy i perspektivy: Sbornik statey po itogam XVI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (pp. 111–117). Saint Petersburg: Izd-vo SpbGEU.
14. Klimenko A.D. (2024). Kognitivnye navyki rabotnikov promyshlennykh predpriyatiy v usloviyakh tsifrovoy transformatsii [Cognitive skills of industrial enterprise employees in the context of digital transformation]. Ekonomika. Sotsiologiya. Pravo, no. 3(31), pp. 18–24.
15. Predpriyatie vykhodit v opytno-promyshlennuyu ekspluatatsiyu [The enterprise enters pilot industrial operation]. (2024, July 16). Mobilecomm. Retrieved from <http://www.mobilecomm.ru/predpriyatie-vykhodit-v-opytno-promyshlennuyu-ekspluatatsiyu>



УДК 504.056

# Проблемы устойчивого развития в современном мире

## Н.Н. Бабин,

канд. техн. наук, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича; Санкт-Петербург  
e-mail: babin-nvk@yandex.ru

## С.Л. Халепа,

старший преподаватель кафедры экологической безопасности телекоммуникаций, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича; Санкт-Петербурга

## В.Л. Марчук,

старший преподаватель кафедры защиты населения и территорий, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева; Санкт-Петербург

**Аннотация.** Главная суть устойчивого развития заключается в гармонизации связей между природой и обществом, предполагающей неразрывную связь экологических, социальных и экономических целей развития. Антропогенное воздействие настолько изменило окружающую среду, что она перестала отвечать биологическим константам нашего организма. Угроза человечеству исходит от него самого, и для ее устранения людям неизбежно придется измениться.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, антропогенное воздействие, экологические проблемы, социально-экологический кризис.

**Summary.** The main essence of sustainable development is to harmonize the links between nature and society, suggesting an inextricable link between environmental, social and economic development goals. Anthropogenic impact has changed the environment so much that it no longer meets the biological constants of our body. The threat to humanity comes from himself, and to eliminate it, people will inevitably have to change.

**Keywords:** sustainable development, anthropogenic impact, environmental problems, and socio-ecological crisis.

Сохранение цивилизации и благополучие всех поколений напрямую зависят от гармонизации связей между природой и обществом. Именно в этом заключается главная суть устойчивого развития. Иными словами, текущие нужды человечества должны удовлетворяться так, чтобы не лишать потомков возможности обеспечивать свои потребности. Базовые экологические, социальные и экономические цели этой концепции неразрывно связаны друг с другом:

- искоренение любых проявлений нищеты;
- ликвидация голода и создание надежной продовольственной базы;
- всестороннее поддержание здорового образа жизни и содействие благополучию населения в любом возрасте;
- равный доступ к качественному образованию, а также поощрение непрерывного обучения;
- достижение гендерного равенства;
- гарантия доступной санитарии и безопасного водопользования для всех;
- предоставление обществу бесперебойного доступа к современным, надежным и экономически доступным источникам энергии;
- всестороннее стимулирование стабильного экономического роста, поддержание полной производительной занятости и создание достойных рабочих мест [1].

Рассмотрение структурных элементов природы – от единичных особей до биоты в целом – позволяет выявить общие очертания, а порой и сами алгоритмы работы некоторых стабилизирующих

механизмов. Важнейшим принципом организации здесь выступает конкуренция сообществ. Подобное взаимодействие создает оптимальную среду для продолжения жизни и повышает природную стабильность. Однако при анализе человеческого социума наблюдается обратная тенденция. Исследования биоты концентрируются на факторах поддержания равновесия. В отношении общества акцент смещается на процессы дестабилизации, источником которых являются сами люди.

Изучение развития цивилизации приводит к совершенно иным, нередко диаметрально противоположным выводам. Ни один из элементов современного общества нельзя назвать фактором его безусловной стабильности. Отдельные государства или их коалиции могут брать на себя функции по поддержанию устойчивого вектора. Однако подобные позитивные усилия всегда протекают на фоне процессов, носящих откровенно разрушительный характер. Иллюстрацией такого дуализма, а порой и абсолютно негативного влияния, способно послужить практически любое событие, национальная политика или глобальная тенденция [2].

Основной причиной нестабильности в современном мире зачастую выступает соперничество различных элементов цивилизации. Вероятно, именно в механизмах поддержания равновесия кроется фундаментальное различие между человеком и его биологическими предшественниками. Поскольку концепции стабильности и выживания фактически тождественны, подобный вывод выглядит вполне закономерным.

С функциональной точки зрения, основой природного баланса служит генетическая память. В рамках цивилизации, представляющей собой надбиологическое образование, этот базис расширяется за счет культуры – внегенетической памяти.

В широком смысле культура представляет собой комплексный механизм записи, сбережения и передачи небиологических данных. Ведь каждое новое поколение людей наследует от предков не только базовую генетическую информацию (о физиологии, свойствах окружающей среды и реакциях на внешние раздражители). Помимо этого потомкам передается колоссальный объем приобретенных практических навыков и сведений.

От генетического кода культурную среду отличает высокая пластичность и способность быстро усваивать новации. Кроме того, объемы таких данных растут несоизмеримо быстрее благодаря эффекту постоянного накопления, а не простому замещению старых элементов новыми. Наконец, сама информационная система способна трансформироваться под влиянием поступающих сведений: инструменты фиксации и трансляции знаний

непрерывно эволюционируют и обогащаются.

Несмотря на прогресс, человек остается биологическим видом, чья физиология оптимально адаптирована к условиям, при которых произошел вид *Homo sapiens*. Однако антропогенное воздействие настолько изменило среду, что она перестала отвечать биологическим константам нашего организма. Учитывая проживание современного общества преимущественно в искусственной, а не просто видоизмененной природной среде, разрыв между эволюционной нормой и реальностью становится колоссальным. Количественным доказательством этого дисбаланса служит угрожающе быстрый рост числа генетических аномалий в человеческой популяции [3].

Общепринятые взгляды признают важность концепции устойчивого развития, однако считают ее критерии весьма размытыми. Текущий социально-экологический кризис зачастую воспринимается как медленный, вялотекущий процесс. Перспектива масштабных катастроф мысленно переносится на далекое время с расчетом, что угроза станет очевидной лишь в момент острой необходимости. Подобное отношение порождает закономерные сомнения в реальной остроте проблемы выживания человечества и целесообразности ее возведения в ранг глобального вызова.

На каких внутренних утверждениях базируется подобная оценка концепции стабильности массовым сознанием?

Во-первых, повседневному мышлению не свойственно понимание границ, сдерживающих длительные трансформации. Формируется иллюзия, что экологическая обстановка способна деградировать бесконечно долго, а наступление некой невозвратной, критической стадии в этом процессе полностью исключается.

Во-вторых, существует мнение о способности природной среды неограниченно сохранять свое текущее состояние, если уровень антропогенного давления перестанет расти. Данный подход берет в расчет исключительно постоянные разрушительные факторы. При этом совершенно недооценивается роль резких импульсов и риск полного разрушения выведенной из баланса системы, даже при условии последующей фиксации внешнего воздействия на одном уровне.

В-третьих, по-прежнему сохраняется убеждение, что наличие финансов гарантирует надежную индивидуальную либо коллективную защиту от любых опасностей. Также считается, что деградация одних параметров якобы легко перекрывается позитивными изменениями в других сферах. Как следствие, в итоге общий показатель качества жизни как минимум не снизится. Ярким примером



служит популярная иллюзия, будто критическое состояние природы можно нивелировать солидными доходами, просто покупая кондиционеры, системы очистки воды, воздуха и пр.

Описанные мировоззренческие установки дополнительно подпитываются слепой верой в безграничный потенциал высоких технологий. Индивид, объективно не способный физически существовать вне земной биосферы, начинает мнить себя полностью автономным от нее. Формируется опасная иллюзия, будто высокий уровень личного успеха способен гарантировать надежную изоляцию от окружающей среды. Однако подобные тезисы в корне противоречат как фундаментальным научным знаниям, так и суровым урокам последних десятилетий. Несостоятельность этих взглядов перед лицом актуальных экологических вызовов настолько очевидна, что совершенно не нуждается в дополнительных обоснованиях.

Негативные последствия безудержного экономического роста на основе неограниченного использования природных ресурсов неизбежно ограничивают возможности для дальнейшего развития. Обострение экологических проблем, нарушение общего баланса биосферы ведут к новым непредсказуемым результатам, включая изменение климата, эпидемиологические заболевания.

Экологические проблемы порождают социально-экономические, требующие своего незамедлительного решения и еще больше усугубляющие кризисные явления в окружающей среде. Разграничение роли социальных и природных факторов в происходящих изменениях становится все более сложной задачей. Природные и социальные аномалии, происходящие вследствие неверного поведения, становятся нормой жизни [4].

Поддержание благополучной обстановки в местах активной деятельности требует постоянного внимания. Забота об окружающей среде все больше становится не актом гуманизма по отношению к природе, а жестким условием обеспечения выживания самого человека. Это привело к вынесению экологической проблематики на политическую арену, формулированию основ новой парадигмы развития.

Успешный переход к устойчивому развитию требует активного участия гражданского общества на каждой стадии: от первоначальной формулировки проблемы до практической реализации и последующего мониторинга. Степень вовлеченности населения обусловлена не только личной заинтересованностью, но и располагаемыми экономическими ресурсами. Это обстоятельство позволяет отчасти сгладить мнимое противоречие между техническим прогрессом и устойчивым развитием.

Сегодня в социуме созрел четкий запрос на внедрение принципиально иных критериев прогресса.

Подобные критерии служат объективными маркерами устойчивого роста, и внимание к ним закономерно усиливается по мере эволюции самого социума. Достижение целей экологически ориентированной экономики через инструменты свободного рынка требует выполнения критически важного условия: формирования массового потребительского спроса на «экологичность» товаров и услуг. Этот фактор диктует новые стандарты на глобальных торговых площадках и стимулирует прямую вовлеченность коммерческого сектора. В конечном счете искренняя забота об экологии и выбор в пользу устойчивого развития продиктованы общим уровнем культуры. При этом конкретная модель поведения всегда выстраивается на основе внутренней мотивации.

Все это свидетельствует о необходимости обеспечения базовых представлений об устойчивом развитии с акцентом на соотношении экологических и экономических приоритетов при определении ключевой роли культуры в формировании запроса населения как в естественно-научных, так и в гуманитарных программах обучения, любой системе общего образования и профессиональной подготовки, просвещении, средствах массовой информации и рекламе.

Сегодня требования устойчивого развития открывают новые горизонты для развивающихся стран и налагают добровольные обязательства на развитые государства, при этом ключевая роль отводится регионам с богатыми природными ресурсами. В основе такой модели лежит принцип «двойного выигрыша», согласно которому любой проект обязан приносить как социальный, так и экологический результат. Подобная стратегия позволяет органично вписать решение экологических проблем в сам фундамент экономики, соразмеряя растущие потребности людей с реальными возможностями биосферы ради будущих поколений. В конечном счете именно такой комплексный подход превращает концепцию устойчивого развития в реальный шаг цивилизации на пути к эпохе ноосферы [5].

Глобально концепция устойчивого развития не сводится к оптимизации заранее заданных показателей. Прежде всего это вопрос выживания и строгого соблюдения ограничений, продиктованных законами природы и социума. При этом принципиально важно опираться не на искусственные правовые нормы, созданные людьми, а на подлинные естественные закономерности, управляющие природой и социумом на всех уровнях их организации. Такой переход бросает серьезный вызов науке

и образованию, поскольку главное условие успеха – трансформация самого человека. Необходимо осознать: главная угроза человечеству исходит от него самого, и для ее устранения людям неизбежно придется измениться.

### Источники

1. Безгодков А.В. Планетарный проект: от устойчивого развития к управляемой гармонии. СПб.: Питер, 2016. 270 с.

2. Шакиров А.Д. О концепции устойчивого развития и ее принципах // Ученые записки Казанского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2011. № 1. С. 37–44.

3. Кузнецов А.П. Устойчивое развитие региона: эколого-экономические аспекты: Монография [Электронный ресурс]. Вологда: ВолНЦ РАН, 2015. 136 с.

4. Волчкова И.В., Данилова М.Н., Елисеев А.М., Подопригра Ю.В. и др. Механизмы повышения устойчивого развития территориальных социально-экономических систем в России: Монография [Электронный ресурс]. Томск: ТГАСУ, 2016. 136 с.

5. Жидкова Е.А., Дворовенко А.М. Актуальные вопросы устойчивого развития: Монография [Электронный ресурс]. Кемерово: КемГУ, 2024. 120 с.

### References

1. Bezgodov, A.V. The Planetary Project: From Sustainable Development to Managed Harmony. St. Petersburg: Peter, 2016. – 270 p.

2. Shakirov A.D. On the Concept of Sustainable Development and Its Principles // Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Series: Humanities. 2011. No. 1. Pp. 37–44.

3. Kuznetsov, A.P. Sustainable Development of the Region: Ecological and Economic Aspects : [Electronic resource] : monograph / A.P. Kuznetsov. – Vologda : VolRC RAS, 2015. – 136 p.

4. Volchkova, I.V. Mechanisms for Increasing the Sustainable Development of Territorial Socio-Economic Systems in Russia : [Electronic resource] : monograph / I.V. Volchkova, M.N. Danilova, A.M. Eliseev, Yu.V. Podoprigora [et al.]. – Tomsk : TGASU, 2016. – 136 p.

5. Zhidkova, E.A. Actual Issues of Sustainable Development : [Electronic resource] : monograph / E.A. Zhidkova, A.M. Dvorovenko. – Kemerovo : KemSU, 2024. – 120 p.



# Разработка предложений по управлению рисками проекта при внедрении интегрированной системы менеджмента на промышленных предприятиях

## А.С. Вольнов,

канд. техн. наук, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»; г. Оренбург  
e-mail: Volnov\_AS@mail.ru

## Д.А. Косых,

канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»; г. Оренбург  
e-mail: kosich1975@rambler.ru

## Д.И. Явкина,

канд. техн. наук, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»; г. Оренбург  
e-mail: dinaild@mail.ru

## А.С. Лимарев,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии, сертификации и сервиса автомобилей, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова»; г. Магнитогорск  
e-mail: aslimarev@mail.ru

## И.Н. Глушков,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»; г. Оренбург  
e-mail: i-n-g2012@yandex.ru

## И.В. Герасименко,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры механизации технологических процессов в АПК, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»; г. Оренбург  
e-mail: gerasimenko-iv@mail.ru

**Аннотация.** В статье обоснована необходимость перехода от фрагментарного рассмотрения рисков к системному многокритериальному анализу при внедрении интегрированной системы менеджмента. Предложены методические подходы к количественной оценке рисков по различным категориям. Проведен анализ основных этапов внедрения интегрированной системы менеджмента, выявлены потенциальные риски, сопровождающие проект внедрения интегрированных систем менеджмента на промышленных предприятиях. Особое внимание уделено классификации рисков при внедрении интегрированной системы менеджмента и методам их идентификации. Разработаны предложения по минимизации выявленных рисков, направленные на повышение результативности внедрения интегрированной системы менеджмента и обеспечение стабильности деятельности организации.

**Ключевые слова:** интегрированная система менеджмента, управление рисками, внедрение, классификация рисков, реестр рисков, эффективность управления.

**Summary.** This article substantiates the need to move from a fragmented approach to risk assessment to a systematic, multi-criteria analysis when implementing an integrated management system. Methodological approaches to quantitative risk assessment across various categories are proposed. The key stages of integrated management system implementation are analyzed, and potential risks associated with the

implementation of integrated management systems at industrial enterprises are identified. Particular attention is paid to the classification of risks during integrated management system implementation and methods for their identification. Proposals for minimizing identified risks are developed, aimed at improving the effectiveness of integrated management system implementation and ensuring the stability of the organization's operations.

*Keywords:* integrated management system, risk management, implementation, risk classification, risk register, management effectiveness.

## Введение

Современные организации функционируют в условиях высокой конкуренции, что требует системного подхода к управлению рисками (УР). Разработка и внедрение интегрированных систем менеджмента (ИСМ), объединяющих требования к системам менеджмента качества, экологического менеджмента, безопасности труда и охраны здоровья, создают как новые возможности, так и дополнительные риски для организации. Эффективное УР становится ключевым фактором успешной интеграции и функционирования ИСМ. В настоящее время, когда по всему миру накоплен значительный опыт внедрения ИСМ, разработанных на основе международных стандартов, становится очевидным, что успех внедрения системы зависит от множества факторов. При этом основными факторами, определяющими успех проекта, является четкость определения целей и подходы к интерпретации требований стандартов, что в свою очередь влияет на формирование решений по внедрению ИСМ. При этом чаще всего, как показывает практика, чем уже трактуются требования стандарта, тем более формальной и, соответственно, менее эффективной получается система. Подход, основанный на УР, может быть использован организациями в качестве одного из интеграционных подходов в тех случаях, когда необходима единая мера, позволяющая сравнивать запросы различных систем менеджмента, определять приоритеты в соответствии с целями организации и ее политикой, а также распределять в соответствии с этими приоритетами все виды ресурсов. ГОСТ Р 58771-2019 предлагает модель УР на основе методологии PDCA, направленной на ее последовательное улучшение. Модель отражает взаимосвязь элементов УР и требований к ИСМ. Отметим, что интеграционный подход, основанный на идентификации, оценке и ранжировании рисков можно применить при внедрении ИСМ.

*Цель исследования* – разработать и обосновать методические подходы к управлению рисками при внедрении интегрированных систем менеджмен-

та, обеспечивающие результативную интеграцию риск-ориентированного мышления в процессы промышленных предприятий.

Объект исследования – ИСМ как сложная организационно-управленческая система, объединяющая различные функциональные системы менеджмента на основе единых методологических принципов и процессного подхода.

*Предмет исследования* – методические подходы к управлению рисками, применяемые в процессе создания, внедрения и функционирования ИСМ.

### *Материалы и методы исследования*

Настоящее исследование базируется на комплексном методологическом подходе, сочетающем анализ нормативно-правовой базы и фундаментальные теоретические концепции риск-менеджмента, а также применение современных инструментов оценки рисков применительно к процессу внедрения ИСМ. Проведенный нами анализ исследований ряда авторов [1–5] позволил сопоставить требования к УР, выявить преимущества и ограничения различных методических подходов. Процесс разработки и внедрения ИСМ представляет собой сложный, многоуровневый организационно-технический проект. Его сложность детерминирована необходимостью синергии разнородных элементов управления в специфичных отраслевых условиях действующего производственного комплекса [6, 7]. Трансформация системы управления сопряжена со множеством рисков, которые классифицируются по источнику возникновения и требуют дифференцированных методов управления. УР при разработке и внедрении ИСМ является неотъемлемой частью управленческих процессов, а именно – процессов планирования, управления эффективностью производственной деятельности и общего управления. Цель УР при внедрении ИСМ – осуществление предупреждающих действий в отношении рискованных ситуаций, которые могут негативно сказаться на реализации целей и задач при внедрении ИСМ. Основными этапами процесса УР являются: обмен информацией и консультирование по вопросам анализа рисков при внедрении ИСМ; определение области применения среды и критериев по внедрению ИСМ; идентификация риска при внедрении ИСМ; анализ риска при внедрении ИСМ; сравнительная оценка риска при внедрении ИСМ; обработка риска при внедрении ИСМ; мониторинг и пересмотр рисков при внедрении ИСМ (рис. 1). При внедрении процессной модели ИСМ существует вероятность возникновения рисков, заложенных на стадиях проекта. Выявление этих рисков при внедрении ИСМ позволит организациям в кратчайшие сроки установить несоответствия в документации, действиях со стороны сотрудников

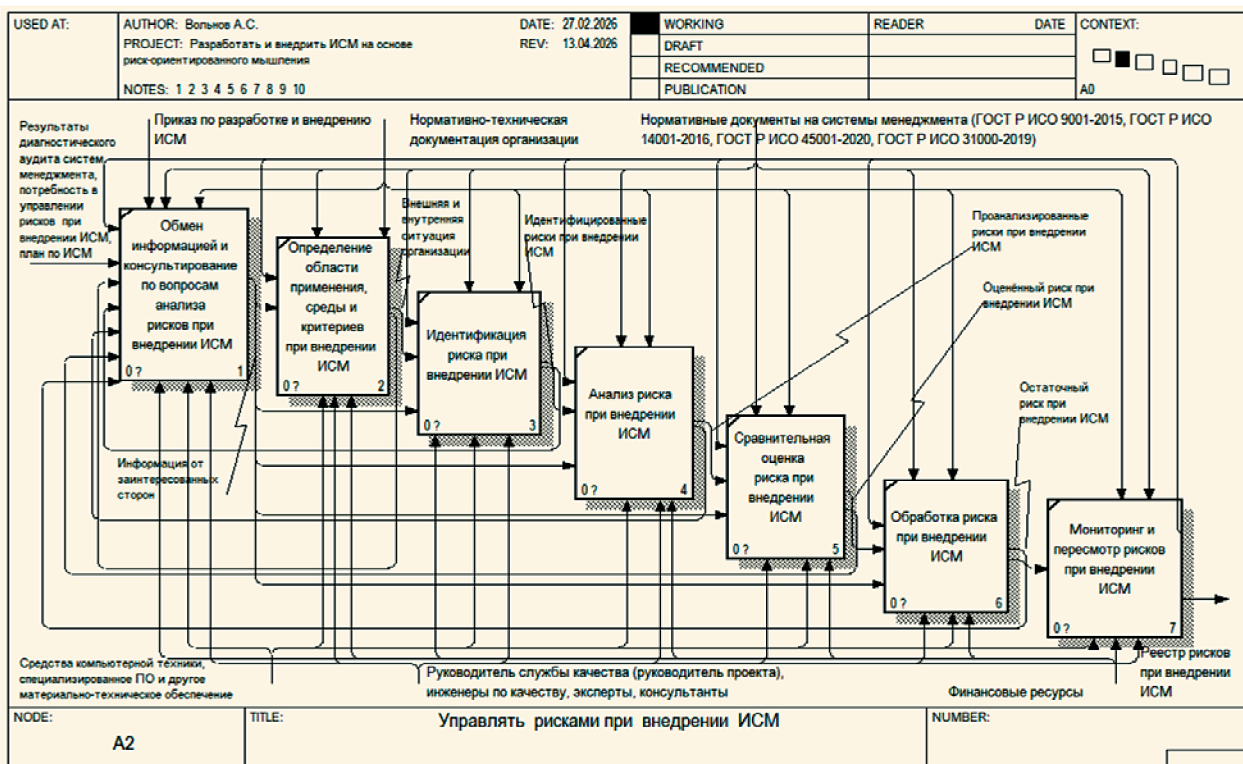


Рисунок 1. Декомпозиция процесса «Управлять рисками при внедрении ИСМ»

Источник: разработано авторами статьи

или внешних организаций, а также позволит своевременно реагировать на возникшую ситуацию и предотвратить развитие худшего сценария. Согласно результатам проведенного функционального моделирования процесса «Управлять рисками при внедрении ИСМ» (см. рис. 1), обмен информацией и консультирование по вопросам анализа рисков при внедрении ИСМ являются сквозными и сопровождают все остальные этапы – от установления контекста до мониторинга и пересмотра.

Основная цель этапа «Определение области применения, среды и критериев при внедрении ИСМ» – определение области применения процесса менеджмента риска с учетом понимания внешней и внутренней среды организации, а также анализ требований заинтересованных сторон. Необходимо обеспечить понимание рисков всеми сторонами, собрать необходимые данные для принятия обоснованных решений и учесть различные точки зрения. Предполагается активный диалог между командой по внедрению ИСМ (риск-менеджерами, проектным офисом) и заинтересованными сторонами (владельцами процессов, топ-менеджментом, экспертами). На стадии определения контекста организации и критериев риска проводятся консультации с руководством для понимания стратегических целей и «аппетита к риску», согласно ГОСТ Р 71034-2023. С владельцами процессов должны

обсуждаться операционные риски, которые могут повлиять на внедрение ИСМ.

Идентификация рисков является основной функцией и ответственностью экспертной группы. В состав экспертной группы могут входить: руководитель организации (руководитель экспертной группы), главный инженер организации, ответственные за процесс (начальники отделов). Дополнительно в группу могут включаться специалисты, предоставляющие свои знания по специфическим вопросам. В процессе идентификации рисков должны проводиться совместные сессии (мозговые штурмы, интервью) с участием экспертов и сотрудников для выявления максимально полного перечня рисков, связанных с разработкой и внедрением ИСМ. Источниками информации могут служить как прошлый опыт (репозиторий рисков), так и мнения специалистов. При идентификации рисков там, где это применимо, учитываются особенности, расположение деятельности организации, влияние заинтересованных сторон на деятельность организации, другие факторы, выявленные при определении ситуации. При формулировке рисков следует учитывать подход в соответствии с ГОСТ Р ИСО 31000-2019 и примерный перечень рисков организации. Участники совещания должны высказывать мнение о возможных рискованных ситуациях и распределять все возможные риски на внешние и

внутренние. Результаты работы экспертной группы передаются ответственным за процесс. Ответственный за процесс конкретизирует и, исходя из особенностей целей по виду деятельности, формирует классификатор рисков. Конкретизация рисков проводится с учетом этапов выполнения деятельности. Идентификация должна быть систематической и опираться на понимание как внешней, так и внутренней среды организации. Чаще всего при внедрении ИСМ необходимо обратить внимание на следующие риски: проектного управления (срыв сроков, превышение бюджета), интеграции (конфликт процедур разных стандартов, дублирование функций), организационные (сопротивление персонала, недостаток компетенций), документирования (избыточность, противоречивость требований), ресурсные (нехватка квалифицированных кадров, IT-инструментов).

Цель анализа рисков – детальное изучение выявленных рисков для понимания их природы и характеристик при внедрении ИСМ. Анализ предполагает определение вероятности возникновения рискованного события, последствий (влияния на цели внедрения ИСМ), существующих мер контроля и их эффективности, уровня риска (сочетание вероятности и последствий). На этом этапе должен проводиться как качественный, так и количественный анализ, в зависимости от доступности данных и целей оценки. Сравнительная оценка риска при внедрении ИСМ подразумевает сопоставление полученных аналитических данных с утвержденными критериями допустимости риска. Целью сравнительной оценки является выявление зон, требующих принятия корректирующих или предупреждающих мер. При выработке решений необходимо анализировать общий контекст деятельности организации, а также учитывать существующие и потенциальные последствия. Итоги сравнительной оценки подлежат обязательному документированию, ознакомлению с ними заинтересованных лиц и последующему утверждению на соответствующих уровнях управленческой иерархии.

После завершения оценки риска руководство принимает решения по обработке риска, позволяющие изменить вероятность возникновения опасного события и (или) его воздействие на результативное внедрение ИСМ. При этом используют такие способы УР, как избегание, минимизация, перенос или принятие. На основе выбранного способа УР разрабатывают состав мероприятий по их снижению и бюджет на реализацию этих мероприятий. Сравнительная оценка рисков внедрения ИСМ становится основой для принятия решений о выборе первоочередных рисков и методах их обработки. После принятия необходимых мер по УР следует

мониторинг и пересмотр рисков, осуществляемый также в ходе внутреннего аудита. При выявлении несоответствий предпринимаются действия по управлению несоответствиями и корректирующими действиями. Риски организации непостоянны, поэтому их мониторинг является важным элементом УР. Мониторинг включает следующую информацию: статус реализации запланированных мероприятий по снижению выявленных рисков, анализ эффективности проводимых мероприятий по снижению выявленных рисков, переоценка существующих рисков, выявление новых рисков и разработка дополнительных мероприятий по управлению ими. Ответственность за мониторинг и пересмотр рисков предприятия возлагается на руководителя. В результате проведенных действий формируется реестр рисков, сопровождаемый возможными последствиями и рекомендуемыми решениями.

Выбор технологий оценки риска при внедрении ИСМ должен быть обусловлен возможностью адаптации и областью применения, а также возможностью предоставлять требуемую информацию для всех заинтересованных сторон. Количество и тип выбранных технологий масштабируются с учетом значимости принимаемого решения, ограничения во времени и других ресурсов, а также альтернативных издержек. При принятии решения о том, является ли качественная или количественная технология более подходящей (наряду с наличием и достоверностью данных) важным критерием является также форма представления, в которой результаты оценки будут наиболее полезны. Для предоставления значимых результатов при использовании количественных технологий обычно требуются достоверные данные, однако в некоторых случаях, когда данных недостаточно, точность, необходимая для применения количественной технологии, может дать возможность лучше понять риск, хотя результат расчета может быть неопределенным. При этом нами предложено использовать набор технологий, относящихся к конкретному обстоятельству. Кроме того, различные технологии могут стать применимыми только в условиях более доступной исходной информации. Согласно требованиям ГОСТ Р 58771-2019, при выборе технологии следует учитывать следующие аспекты: применение, масштаб, временной горизонт, уровень принятия решений, начальная информация, специализированная экспертиза, качественная или количественная характеристика, усилия по применению. В контексте выбора технологии для идентификации рисков при внедрении ИСМ ключевым критерием является требование к ресурсам – совокупности затрат (финансовых, человеческих, информационных, технических), которые необхо-



димы для успешного и качественного применения выбранного метода.

### Пример реализации

Апробация разработанных предложений по УР проводилась на промышленном предприятии г. Оренбурга, на котором планировалось внедрение ИСМ. На начальном этапе с помощью мозгового

штурма нами были определены все заинтересованные стороны, требования и ожидаемые результаты внедрения ИСМ (табл. 1).

Чтобы процесс «Управлять рисками при внедрении ИСМ» был успешным, необходимо найти баланс между требованиями заинтересованных сторон. Например, топ-менеджмент требует минимизации затрат на риск-менеджмент, а надзорные

**Таблица 1. Заинтересованные стороны и их требования при внедрении ИСМ**

Заинтересованная сторона	Ключевые требования	Ожидаемый результат
<b>Внутренние заинтересованные стороны</b>		
Руководитель, топ-менеджмент (стратегические спонсоры процесса)	Принятие обоснованных решений. Получение достоверной информации о рисках, влияющих на достижение стратегических целей при внедрении ИСМ. Обеспечение соответствия требованиям для успешного прохождения сертификации. Предотвращение аварий, штрафов и инцидентов. Понимание, что затраты на УР ИСМ снижают потенциальные потери	Наличие реестра стратегических рисков. Отсутствие несоответствий. Снижение количества страховых случаев
Руководитель проекта по внедрению ИСМ (владелец процесса)	Наличие простых и понятных методик для идентификации рисков. Активное участие руководителей в предоставлении данных по рискам. Возможность быстро перепланировать работы проекта при наступлении рисков событий. Выделение бюджета и времени на обучение и проведение риск-сессий	Проект внедрен в срок и в рамках бюджета, несмотря на возникшие риски. Вовлеченность команды
Руководители функциональных подразделений (владельцы рисков)	Методы УР не должны создавать лишнюю работу и отвлекать от основной деятельности. Риски должны быть описаны простым и понятным «языком». Четкое понимание, какие риски критичны и требуют немедленного финансирования. Получение помощи от риск-менеджеров в анализе сложных ситуаций	Снижение травматизма, уменьшение штрафов, снижение брака. Наличие инструкций и памяток
Сотрудники (источники информации о рисках на местах, исполнители)	Гарантия того, что их риски оценены и минимальны. Понятные и короткие инструкции как действовать в нештатной ситуации. Возможность сообщить об опасности или новом риске без страха наказания. Проведение инструктажей по новым требованиям	Чувство защищенности на рабочем месте. Отсутствие происшествий по их вине
<b>Внешние заинтересованные стороны</b>		
Органы по сертификации (оценивают соответствие процесса)	Наличие документированной информации, подтверждающей, что риски действительно оцениваются и по ним принимаются меры. Риски должны быть связаны с контекстом организации и ожиданиями заинтересованных сторон. Доказательства того, что меры по УР работают	Выдача сертификата соответствия ИСМ. Отсутствие критических несоответствий
Государственные надзорные органы (соблюдение законодательства)	Соблюдение всех обязательных правовых норм. Возможность предоставить отчеты по оценке рисков и принятых мерах по требованию. Гарантия того, что предприятие управляет рисками аварий и не нанесет ущерб	Отсутствие штрафов и предписаний. Минимизация рисков
Заказчики/клиенты (потребители продукции/услуг)	УР гарантирует, что качество продукции будет соответствовать заявленным требованиям. Уверенность в том, что компания этична, заботится об экологии и рабочих	Качественный продукт в срок. Репутация надежного партнера
Поставщики, подрядчики (участники цепочки создания ценности)	Понимание того, какие риски они должны покрывать (например, требования по охране труда на территории заказчика). Прозрачные критерии выбора, включающие оценку их собственной системы УР	Долгосрочные контракты. Понятные условия работы и допуска на объекты

органы и персонал требуют максимальной безопасности. Задача процесса – найти экономически оптимальный уровень безопасности. Процесс должен быть выстроен так, чтобы формальные требования аудиторов и государства выполнялись с минимальной нагрузкой на сотрудников и с максимальной пользой для бизнеса.

На этапе идентификации рисков при внедрении ИСМ был проведен SWOT-анализ (табл. 2), позволивший определить результативные параметры, которые нужно развивать и поддерживать на необходимом уровне, а также параметры, улучшение которых может оптимизировать процессы совершенствования управления и свести к минимуму возможность ухудшения имиджа организации.

В результате проведенного анализа выявлено, что к сильным сторонам организации относится высокая квалификация сотрудников. Отмечается повышение квалификации через постоянное обучение, нацеленность сотрудников на результат и рост инициативности. Установлено, что для повышения результативности процесса внедрения ИСМ необходимо использовать системный подход и поддержку руководства для внедрения цифровых инструментов, чтобы снизить бюрократию и сделать процесс более прозрачным и быстрым. При этом необходимо опираться на квалифицированных сотрудников для проведения бенчмаркинга и обучения коллег. Выявленные угрозы показывают, что использование квалифицированной команды для быстрой адаптации к изменениям законода-

тельства позволит создать механизм оперативного обновления реестра рисков. Прозрачность процесса покажет скептически настроенным сотрудникам ценность УР для их личной безопасности и облегчения работы. При этом в первую очередь необходимо преодолеть субъективизм оценок с помощью внешних экспертов, которые привнесут объективную методику расчета рисков. Внедрение интегрированного ПО с функцией сбора данных в единое окно позволит решить проблему нехватки компетенций и разрозненности данных. Анализ слабых сторон и угроз показал, что главная опасность процесса заключается в сочетании сложности и бюрократии процесса с сопротивлением изменениям и экономическим кризисом. Необходимо на старте сделать минимально жизнеспособный продукт процесса внедрения ИСМ – простой, понятный и не требующий больших затрат, чтобы показать быстрый результат и заручиться поддержкой работников предприятия.

Идентификация риска при внедрении ИСМ проводилась с учетом результатов проведения диагностического аудита, в ходе которого были выявлены 7 рисков. Для количественной идентификации риска при внедрении ИСМ нами применен анализ видов и последствий отказов (FMEA-анализ) в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51814.2-2001 (табл. 3). Анализ осуществлялся командой, обладающей экспертными знаниями в области внедрения систем менеджмента. Процесс идентификации рисков необходимо повторять по мере изменения

Таблица 2. SWOT-анализ процесса «Управлять рисками при внедрении ИСМ»

	Сильные стороны	Слабые стороны
Внутренние факторы	Высокая квалификация линейных руководителей; нацеленность сотрудников на результат; высокая инициативность персонала; оптимизированные производственные процессы; высокое качество продукции и оказываемых услуг; стратегия организации, нацеленная на повышение конкурентоспособности; наличие формализованной методологии идентификации и оценки рисков; наличие в проектной группе сертифицированных аудиторов или риск-менеджеров	Низкая частота внедрения инноваций; высокий срок окупаемости вложенных средств; нехватка компетенций у рядовых сотрудников; оценка вероятности и последствий рисков может быть необъективной, основанной на личном мнении, а не на фактах; разрозненность данных
	Возможности	Угрозы
Внешние факторы	Внедрение ПО для автоматизации сбора данных и мониторинга; изучение успешного опыта УР у конкурентов или в других отраслях; возможность нанять консультантов для настройки процесса и обучения персонала «под ключ»; рост требований со стороны заказчиков или страховых компаний к наличию сертифицированной ИСМ; возможность требовать УР от поставщиков, снижая общие риски организации	Кадровый голод; увеличение налоговой нагрузки; отток квалифицированных специалистов к конкурентам; потеря актуальности реестра рисков вследствие изменения законодательства; сокращение бюджета на внедрение ИСМ (обучение, софт, консультанты) в условиях кризиса; негативное отношение со стороны сотрудников; формальный подход аудиторов; форс-мажор (пандемия, техногенные катастрофы)



Таблица 3. Матрица идентификации рисков процесса при внедрении ИСМ

Номер и название риска	Последствие потенциального риска (балл S)	Потенциальная причина риска (балл O)	Предложенные меры по обнаружению риска (балл D)	ПЧР = S·O·D
1) Формальное или недостаточное участие в проекте по внедрению ИСМ руководителей предприятия	Срыв сроков внедрения; низкий приоритет проекта среди сотрудников; выделение ресурсов по остаточному принципу (S = 10)	Руководитель перегружен операционными задачами; непонимание выгод от ИСМ; отсутствие личной мотивации; делегирование полномочий без передачи ответственности (O = 6)	Мониторинг посещаемости стратегических сессий; анализ времени согласования документов; опросы проектной команды о вовлеченности руководства (D = 8)	480 (критический)
2) Отсутствие механизмов внутреннего контроля со стороны руководства при внедрении ИСМ	Накопление ошибок и несоответствий; снижение дисциплины; принятие неверных решений на основе недостоверных данных; формальное функционирование системы (S = 10)	Отсутствие регламентов контроля, уверенность, что «все и так знают, что делать»; желание сэкономить на управленческом учете; слабая корпоративная культура отчетности (O = 5)	Проверка наличия и актуальности матрицы ответственности; внезапные проверки выполнения планов мероприятий; анализ протоколов оперативных совещаний; аудит системы мотивации (D = 8)	400 (критический)
3) Непонимание со стороны персонала идеи внедрения ИСМ в деятельность предприятия	Пассивное сопротивление; искажение собираемых данных; высокая текучесть кадров в период изменений; дискредитация идеи ИСМ в коллективе (S = 7)	Слабая разъяснительная работа; страх перед переменами и усилением контроля; отсутствие вовлечения персонала в обсуждение процессов; негативный прошлый опыт изменений (O = 8)	Проведение фокус-групп с персоналом; анкетирование «Уровень принятия изменений»; мониторинг неформальных каналов общения; анализ вопросов от сотрудников на собраниях (D = 6)	336 (высокий)
4) Недостаточная квалификация группы по внедрению ИСМ	Неправильная интерпретация требований стандартов; разработка неработоспособных процессов; ошибки в документообороте; срыв графика (S = 9)	Ошибки при подборе персонала в проектную группу; экономия на обучении; совмещение ролей без учета загрузки; сложность стандартов для восприятия (O = 5)	Входное тестирование группы; оценка промежуточных результатов внешним экспертом; анализ релевантного опыта работы; мониторинг соблюдения методологии (D = 7)	315 (высокий)
5) Увеличение нагрузки на персонал на этапе внедрения процессной модели ИСМ	Эмоциональное выгорание; снижение производительности по основным функциям; увольнение ключевых сотрудников; формальное заполнение документов (S = 6)	Отсутствие перераспределения старых обязанностей; неверная оценка трудозатрат на новые функции; жесткие сроки проекта, требующие сверхурочной работы; отсутствие компенсации за дополнительную нагрузку (O = 9)	Опросы уровня стресса и загрузки; ведение фактического тайм-трекинга пилотными группами; анализ роста количества ошибок в операционной деятельности; мониторинг объема сверхурочных работ (D = 5)	270 (высокий)
6) Недостаточная подготовка документированной информации при внедрении ИСМ	Двойное толкование инструкций; потеря данных и доказательств соответствия; несоответствия при аудите; неэффективное управление версиями документов (S = 7)	Отсутствие шаблонов и стандартов оформления; нехватка времени на документирование; формальный подход; отсутствие ответственного за архив (O = 6)	Проверка соответствия документов требованиям стандартов; аудит процедуры управления документацией; оценка доступности документов для сотрудников; выборочная проверка записей (D = 6)	252 (высокий)

Номер и название риска	Последствие потенциального риска (балл S)	Потенциальная причина риска (балл O)	Предложенные меры по обнаружению риска (балл D)	ПЧР = S•O•D
7) Несогласованность рабочей группы проекта	Конфликты между подразделениями; «размывание» ответственности; затягивание сроков из-за споров; дисбаланс процессной модели (S = 8)	Конкуренция между отделами за влияние; отсутствие единого руководителя проекта; разные цели у участников группы; культурные и коммуникационные барьеры (O = 5)	Оценка социально-психологического климата в команде; наблюдение за процессом совещаний; анализ соблюдения регламентов взаимодействия (D = 6)	240 (средний)

Источник: разработано авторами статьи

этих источников информации и появления новой информации. Анализ полученных результатов показал, что в критическую зону (ПЧР > 401) входят риски 1 и 2. Отсутствие реальной поддержки и контроля со стороны высшего руководства – это фундаментальная проблема. Без «воли» руководителя любые инициативы по стандартизации обречены на провал. Эти риски требуют немедленного внедрения плана мероприятий (например, личное кураторство, регулярные отчеты перед советом директоров). В зону высокого приоритета (251 < ПЧР < 400) попали риски, связанные с человеческим фактором (персонал, квалификация, нагрузка) и организацией работ (документы, согласованность).

Риск увеличения нагрузки имеет самую высокую вероятность, так как сопротивление персонала перегрузкам – классическая проблема внедрения ИСМ. К среднему и низкому приоритету относятся риски, связанные с ресурсами и внешними консультантами, они имеют меньшую вероятность, так как обычно планируются на старте, но их тяжесть остается высокой. Риск отсутствия

проведения работ, связанных с реализацией корректирующих или предупреждающих действий, оказался самым низким, так как относится к этапу после внедрения и при правильной организации процесса аудита его можно обнаружить достаточно легко. Данные оценки являются экспертными и могут варьировать, в зависимости от специфики предприятия (размер, отрасль, корпоративная культура). Для получения точных цифр рекомендуется провести коллективную экспертную оценку (например, методом Дельфи). Риск «Формальное или недостаточное участие в проекте по внедрению ИСМ руководителей предприятия» является одним из самых критических (ПЧР = 480), так как напрямую влияет на успех всего проекта внедрения ИСМ. Обнаружить этот риск сложно (D = 8), поскольку руководители могут имитировать активность, не вникая в суть. При внедрении ИСМ организации необходимо провести анализ критического риска, который был обнаружен на этапе идентификации. Для этого нами был применен метод Исикавы (рис. 2), чтобы определить

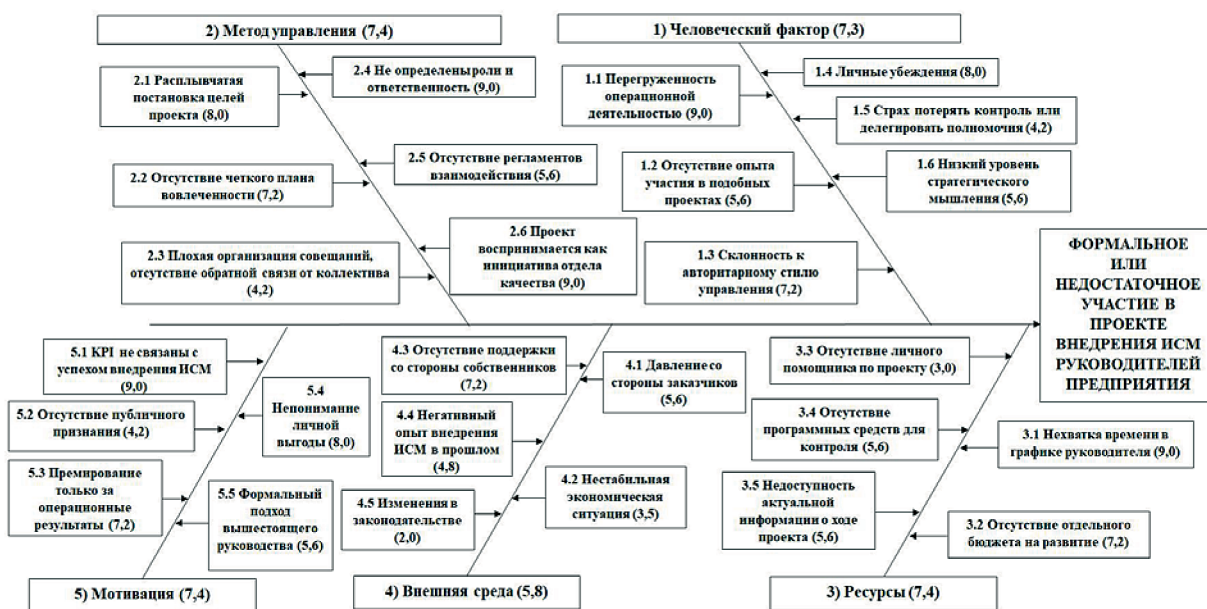


Рисунок 2. Результаты реализации метода Исикавы для риска «Формальное или недостаточное участие в проекте внедрения ИСМ руководителей предприятия»



факторы, которые оказывают влияние на внедрение ИСМ на более детальном уровне.

Результаты проведенного анализа могут служить руководством для менеджеров по сокращению, смягчению или иному управлению этими источниками неопределенности. Это даст представление о том, какие подразделения могут нуждаться в особом внимании руководства, мониторинге. По итогам количественной оценки риска «Формальное или недостаточное участие в проекте по внедрению ИСМ руководителей предприятия» установлено, что пять причин имеют максимальную взвешенную оценку, равную 9,0 балла: перегруженность операционной деятельностью, неопределенность ролей и ответственности, восприятие проекта как инициативы отдела качества, дефицит времени в графике руководителя, отсутствие связи КРП руководителей с результатами внедрения ИСМ. Наибольшие средние взвешенные оценки по группам факторов зафиксированы для направлений «мотивация», «методика управления» и «ресурсы» (по 7,4 балла). Наименьшее значение получено для группы «внешняя среда» (5,8 балла). На основе полученных данных предложен комплекс первоочередных корректирующих мероприятий: освобождение времени руководителей за счет перераспределения операционных задач, внедрение матрицы ответственности RACI, назначение спонсором проекта первого лица организации, аудит календарей руководителей с выделением не менее 4 часов в неделю на задачи ИСМ, а также привязка переменной части вознаграждения к КРП внедрения ИСМ. Периодичность контроля выполнения мер – еженедельно. Повторная количественная оценка рассматриваемого риска предусмотрена через один месяц после начала реализации мероприятий.

Для сравнительной оценки риска при внедрении ИСМ нами рекомендуется применение тепловой карты. В красную зону (критические риски) входят риски 1–2. Эти риски имеют либо очень высокую тяжесть (10), либо высокую вероятность (8) и угрожают самому существованию проекта. Если ничего не предпринимать, внедрение ИСМ скорее всего провалится или станет формальным. В данном случае требуется немедленное вмешательство высшего руководства, выделение приоритетных ресурсов, разработка детальных планов. В желтую и оранжевую зону (средние и высокие риски) входят риски 3–7. Здесь находятся риски с разными комбинациями. Например: риск 5 (нагрузка на персонал) имеет максимальную вероятность (9), но среднюю тяжесть. Все эти риски могут серьезно осложнить внедрение ИСМ, требуют постоянного контроля. Поэтому для их минимизации требуется назначение ответственных, регулярный мони-

торинг, а также включение их в планы контроля. В зеленой зоне расположены риски, которые либо маловероятны, либо их последствия не являются катастрофическими при условии работающей системы. Они должны находиться под контролем, но могут активизироваться при стечении обстоятельств. Для них требуется мониторинг и ответственность в рамках текущей деятельности.

На этапе обработки риска нами применен метод «галстук-бабочка», подразумевающий декомпозицию рисков на возможные причины их реализации, которые в свою очередь декомпозируются на более мелкие подпричины или факторы риска и последствия от реализации риска. Метод применяется в тех случаях, когда риск попал в область критического риска и наглядно иллюстрирует риски, их причины и последствия, а также средства контроля для минимизации риска. Методология «галстука-бабочки» может определить, где следует сосредоточить ресурсы для снижения рисков и необходимость дополнительных «уровней защиты». Рассмотрим подробно риск «Формальное или недостаточное участие в проекте по внедрению ИСМ руководителей предприятия» (рис. 3). Преимущество данной диаграммы для УР заключается в том, что руководитель сразу видит, что будет, если риск формален (справа), и что компания уже делает (или должна делать), чтобы ему помочь (слева). Диаграмма показывает, что чаще всего проблемы не только в руководителе, но и в системе, которая не построила защиту (отсутствие барьеров). Видно, на какие барьеры нужны финансы (Б3, Б5, Б9), а какие требуют только организационных усилий (Б1, Б7). Для детализации диаграммы нами определены факторы эскалации, которые ослабляют барьеры. К таким факторам можно отнести сопротивление руководителя, корпоративную культуру или отсутствие ресурсов. Например: барьер Б3 (бенчмаркинг) может не сработать, если руководитель будет занят; барьер Б5 (пересмотр КРП) может быть заблокирован службой персонала, если это не принято в компании; барьер Б9 может отсутствовать, так как на консультантов не заложен бюджет.

Обработка всех рисков нами проведена с помощью диаграммы Парето (рис. 4). Для построения диаграммы нами в качестве меры значимости каждого риска использовался ПЧР. В соответствии с принципом Парето, 20% (критическая группа) от 7 рисков – это первый риск. Первые два риска (1 и 2) дают 38,38% от общего ПЧР, что уже перекрывает треть проблемы. Первые три риска (1–3) дают 53,03%. Чтобы покрыть 80% потенциальных проблем, нам необходимо работать с первыми пятью рисками. Это означает, что 5 рисков из 7 являются источником 80% угрозы для проекта внедрения

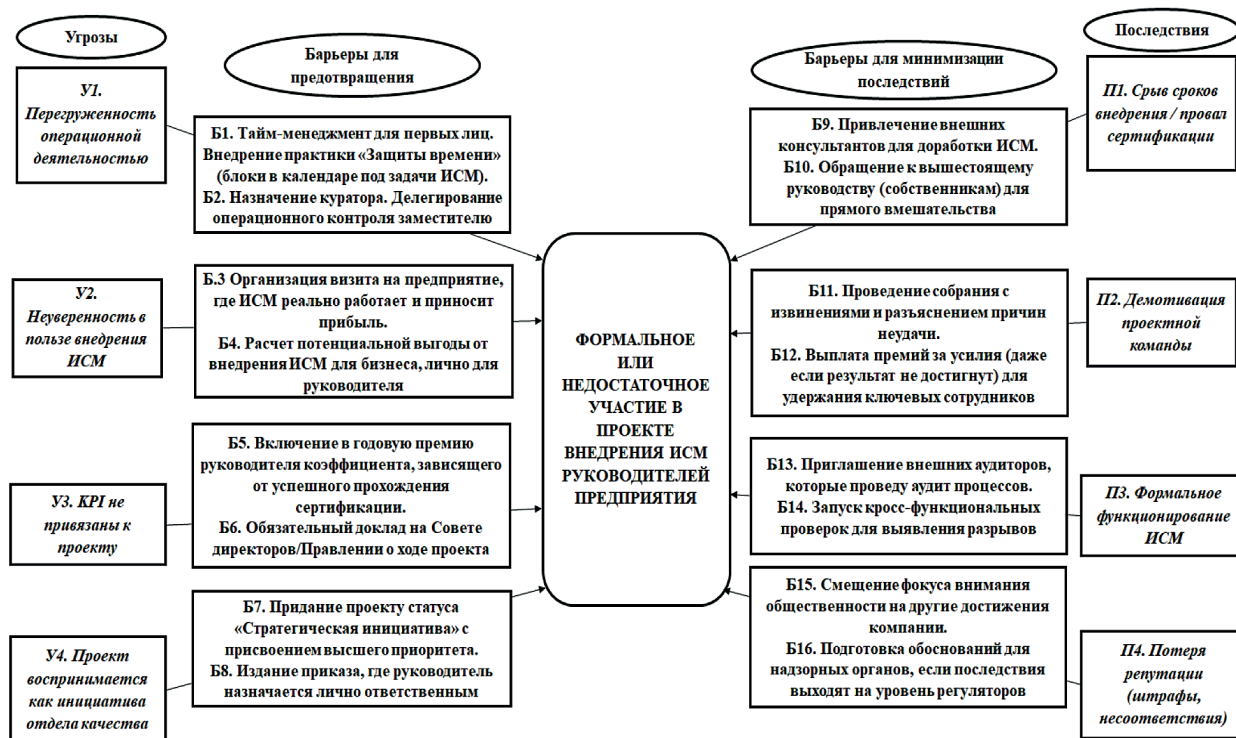


Рисунок 3. Результаты оценки выявленного риска «Формальное или недостаточное участие в проекте внедрения ИСМ руководителей предприятия» с помощью метода «галстук-бабочка»

Источник: разработано авторами статьи

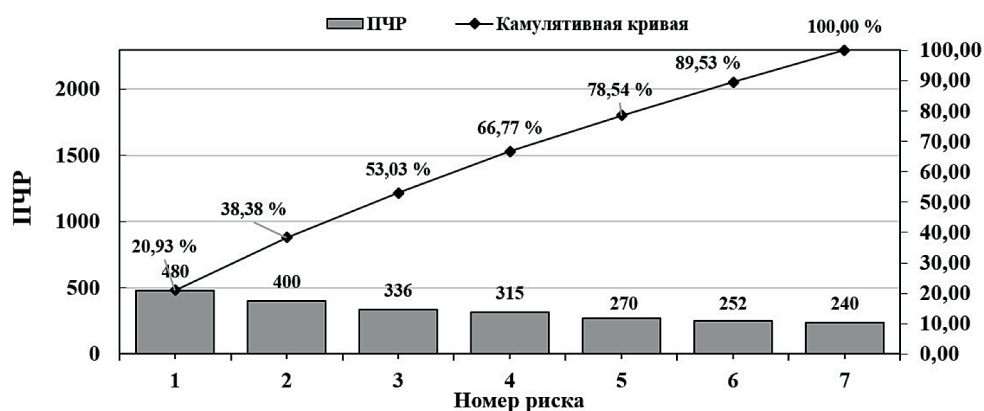


Рисунок 4. Диаграмма Парето рисков при внедрении ИСМ в организации

ИСМ. Именно на первые 5 рисков должны быть направлены основные ресурсы и усилия команды. Последние 2 риска составляют лишь 21,46% от общего ПЧР. Постоянный глубокий контроль над ними не требуется, достаточно периодического мониторинга.

По результатам всех проведенных действий нами проведена обработка, мониторинг и пересмотр рисков при внедрении ИСМ. Результатом данной работы является реестр рисков (ГОСТ Р 51901.22-2012), в котором к каждому риску были разработаны рекомендуемые решения (табл. 4). В рамках мониторинга перечень рисков и возможно-

стей анализируется на предмет необходимости переоценки и актуализации. При этом представитель высшего руководства по качеству, владельцы рисков, а также любой сотрудник организации вправе внепланово инициировать процесс пересмотра рисков, если это необходимо. Отслеживание выполнения и оценка эффективности мероприятий по УР и всей ИСМ проводится в ходе внутренних аудитов [8]. При необходимости разрабатываются дополнительные мероприятия по УР, например, с использованием систем автоматизации процесса риск-менеджмента на базе готовых программных решений [9, 10]. Данный реестр рекомендуется у-



Таблица 4. Реестр рисков при внедрении ИСМ в деятельность организации

Номер риска	Средства контроля	Мероприятия по обработке риска	Ответственный
1	Приказ о запуске проекта, назначение ответственных, отчетность на совещаниях	Включить КРП по внедрению ИСМ в систему мотивации руководителя; провести стратегическую сессию с демонстрацией экономических выгод; закрепить в календаре руководителя время под задачи проекта	Директор по развитию, HR-директор
2	Утвержденный план-график проекта, протоколы совещаний	Внедрить обязательную ежемесячную отчетность руководителя проекта перед правлением; разработать дашборд ключевых показателей внедрения; проводить аудиты статуса проекта	Генеральный директор, руководитель проекта
3	Приказы о запуске проекта, общие собрания коллектива, информационные письма	Провести серию обучающих семинаров для персонала с разъяснением выгод; вовлечь ключевых сотрудников в рабочие группы по описанию процессов; создать систему мотивации за активное участие во внедрении; запустить внутренний канал по успехам проекта	HR-директор, руководитель проекта, начальники отделов
4	Назначение ответственных, описание функционала в должностных инструкциях	Провести внешнее обучение ключевых членов группы; привлечь внешнего консультанта для методологического сопровождения; провести входное тестирование знаний стандартов	Руководитель проекта, служба персонала
5	Предварительная оценка трудозатрат, планы-графики работ	Провести перераспределение текущих обязанностей на период внедрения; ввести временные надбавки для сотрудников; оптимизировать документооборот; ежемесячно оценивать фактическую загрузку на сотрудников	Руководитель проекта, начальники отделов
6	Утвержденный перечень документов, назначение ответственных за разработку	Разработать стандарт организации по управлению документацией; внедрить систему электронного документооборота; назначить ответственного за документооборот ИСМ; провести обучение по документированию процессов	Руководитель проекта, IT-директор, документовед
7	Приказ о составе рабочей группы, протоколы совещаний, распределение ответственности	Провести командообразующий тренинг для группы; разработать матрицу ответственности по процессам ИСМ; внедрить регулярные совещания с протоколированием решений; назначить куратора из числа заместителей директора	Руководитель проекта, HR-директор

вердить у высшего руководства организации и использовать как основной документ для УР проекта внедрения ИСМ.

### Выводы

Внедрение ИСМ является стратегически важным направлением развития современных организаций. Однако успех интеграции напрямую зависит от качества УР, сопровождающих этот процесс. Проведенное исследование позволило систематизировать основные группы рисков и разработать комплекс практических предложений по их минимизации. Ключевыми факторами успеха являются формирование проектной команды, разработка единого процесса УР, поэтапное внедрение с пилотными проектами, обучение персонала, использование современных IT-инструментов и регулярный мониторинг. Предложенные меры позволяют не

только предотвратить срывы сроков и превышение бюджетов, но и обеспечить результативное функционирование ИСМ.

### Источники

1. Попова Л.Ф. Внедрение риск-менеджмента в систему управления качеством предприятия // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2017. № 5(69). С. 104–109.
2. Связова Т.Г. Управление рисками в системе менеджмента качества: экономическое содержание и классификация рисков // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2017. № 6. С. 143–167.
3. Ивашина М.М., Нацыпаева Е.А., Попова Л.Ф. Риск-ориентированный подход как направление совершенствования системы менеджмента качества промышленных предприятий // Экономический журнал. 2018. № 2(50). С. 26–39.

4. Фомин Г.П., Сухорукова И.В., Грибов А.Ф. Адаптивная многокритериальная система управления рисками // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2022. № 1(77). С. 98–103.
5. Солдатов В.Г., Вавилин Я.А., Манкевич И.Г. Проблемы и пути внедрения риск-ориентированного мышления // Вестник Магнитогорского государственного технического университета имени Г.И. Носова. 2021. № 4(19). С. 82–90.
6. Черненький А.В. Применение риск-ориентированного подхода при построении системы менеджмента качества // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 8-1(50). С. 92–96.
7. Смирнова О.П., Вавилова М.А. Методические подходы к управлению рисками при внедрении системы экологического менеджмента на промышленном предприятии // Вестник Академии знаний. 2023. № 1(54). С. 409–415.
8. Аюпова Л.Ш. Особенности управления рисками при оценке эффективности интегрированных систем менеджмента // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2024. № 14(120). С. 35–42.
9. Лаптева Е.П., Доскач Л.А. Идентификация рисков подготовительного этапа разработки интегрированных систем менеджмента для предприятий рыбной отрасли // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. № 1(67). С. 58–65.
10. Варламова Д.В., Долженкова А.В., Корочкина С.В. Автоматизация в риск-менеджменте // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2020. № 4. С. 78–86.

## References

1. Popova, L.F. Implementation of Risk Management in the Enterprise Quality Management System // Industry: Economics, Management, and Technology. 2017. No. 5(69). pp. 104–109.
2. Sviyazova, T.G. Risk Management in the Quality Management System: Economic Content and Risk Classification // Bulletin of Moscow University. Series 6: Economics. 2017. No. 6. pp. 143–167.
3. Ivashina, M.M., Natsypaeva, E.A., Popova, L.F. Risk-Based Approach as a Direction for Improving the Quality Management System of Industrial Enterprises // Economic Journal. 2018. No. 2(50). pp. 26–39.
4. Fomin, G.P., Sukhorukova, I.V., Gribov, A.F. Adaptive multi-criteria risk management system // Bulletin of the Rostov State University of Economics (RINH). 2022. No. 1 (77). Pp. 98–103.
5. Soldatov V.G., Vavilin Ya.A., Mankevich I.G. Problems and ways of implementing risk-oriented thinking // Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. 2021. No. 4 (19). Pp. 82–90.
6. Chernenkiy A.V. Application of a risk-oriented approach in building a quality management system // International Research Journal. 2016. No. 8-1 (50). Pp. 92–96.
7. Smirnova O.P., Vavilova M.A. Methodological approaches to risk management in the implementation of an environmental management system at an industrial enterprise // Bulletin of the Academy of knowledge. 2023. No. 1 (54). pp. 409–415.
8. Ayupova L.Sh. Features of risk management in assessing the effectiveness of integrated management systems // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2024. No. 14 (120). pp. 35–42.
9. Lapteva E.P., Doskach L.A. Identification of risks of the preparatory stage of developing integrated management systems for enterprises in the fishing industry // Scientific works of the Far Eastern Technical University of Fisheries. 2024. No. 1 (67). pp. 58–65.
10. Varlamova D.V., Dolzhenkova A.V., Korochkina S.V. Automation in Risk Management // Scientific Journal of NRU ITMO. Series: Economics and Environmental Management. 2020. No. 4. pp. 78–86.



УДК 65.011.56

# Технологическое обеспечение качества червячных колес лифтовых редукторов

**Ю.О. Лыгин,**

аспирант, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»; Москва  
e-mail: lyuo18u363@student.bmstu.ru

**А.Е. Бром,**

д-р техн. наук, профессор кафедры промышленной логистики, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»; Москва  
e-mail: allabrom@bmstu.ru

**Аннотация.** Статья охватывает ряд проблем, сдерживающих обеспечение качества червячных колес лифтовых редукторов в условиях серийного производства. Авторы делают вывод, что основным препятствием является отсутствие или несовершенство системы входного контроля червячных редукторов, позволяющей выявлять критические дефекты на ранних стадиях технологического цикла. В статье выделены преимущества применения методов для обнаружения шлифовочных трещин и прижогов, недопустимых по требованиям нормативной документации.

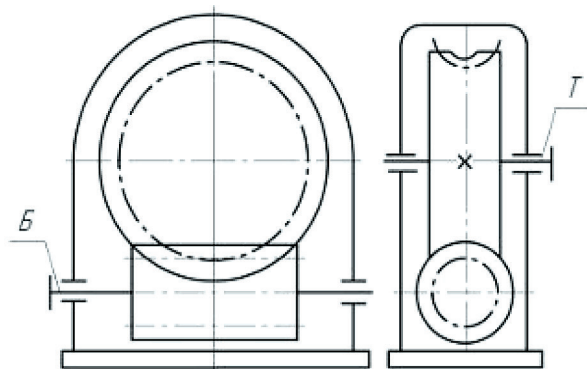
**Ключевые слова:** шлифовочные трещины, червячный редуктор, входной контроль, видеоанали-

тика, искусственный интеллект, управление качеством, лифтовая лебедка.

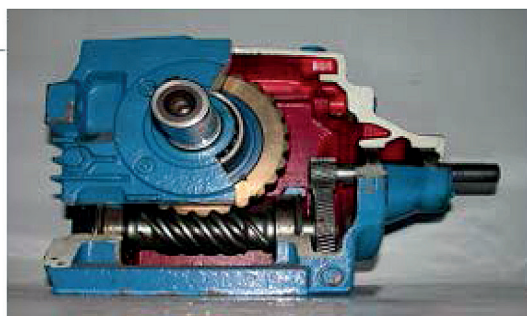
**Summary.** The article covers a number of problems that hinder the quality assurance of worm wheels for elevator gearboxes in mass production. The authors conclude that the main obstacle is the lack or imperfection of the input control system for worm gearboxes, which makes it impossible to detect critical defects at an early stage of the production cycle. The article highlights the advantages of using methods to detect grinding cracks and burns, which are not allowed by regulatory requirements.

**Keywords:** grinding cracks, worm gearbox, input control, video analytics, artificial intelligence, quality management, and elevator winch.

Редуктор в лифтовом оборудовании необходим для уменьшения частоты вращения и соответствующего увеличения вращающего момента. Мотор-редуктор представляет собой единый блок, состоящий из редуктора и электродвигателя (см. рисунок). В редукторах используется зубчато-винтовая передача, оси валов которой перекрещиваются в пространстве. Главное достоинство – получение большого передаточного отношения, плавность и бесшумность в работе, при необходимости возможность малых и точных перемещений, а также самоторможения. Стоит отметить применение дорогих антифрикционных материалов для долговечности механизмов, периодическая необходимость регулирования зацепления (ось червяка строго должна лежать по центру венца червячного колеса).



Червячный редуктор в сборе



Впервые изобретатель Уильям Миллер (William Miller) из Цинциннати (США) получил патент на конструкцию подъемной машины с червячным приводом. Так, первым применением червячной передачи считается 1863 г.

Согласно статье в журнале Elevator World, в мае 1863 г. Миллеру был выдан патент США № 38,497 на «Усовершенствование подъемных машин» (Improvement in Hoisting Machines). В этой конструкции впервые использовалась червячная передача: червячные колеса (worm-wheels) входили в зацепление с вертикальными червячными рейками (worm-racks). По мнению У. Миллера, его система является «очевидным улучшением по сравнению с обычными реечными передачами» для лифтов, поскольку благодаря самоторможению платформа фиксируется при остановке механизма без специальных стопоров [1].

В конце XIX – начале XX в. червячные редукторы получили широкое распространение в лифтовых лебедках барабанного типа. Как отмечается в технической документации, в лифтах с навивкой каната на барабан (winding drum elevators) электродвигатель приводил в действие червячную зубчатую передачу (worm-and-gear-type reduction unit), которая вращала подъемный шкив. Зубчатая передача позволяла использовать менее мощный двигатель для вращения шкива, а электрически управляемый тормоз между двигателем и редуктором останавливал лифт, удерживая кабину на нужном этаже без необходимости движений кабины [2].

В СССР червячные редукторы получили распространение в послевоенный период. В отечественном лифтостроении «преимущественное распространение получили червячные передачи» благодаря возможности получения больших передаточных чисел в одной паре, плавности и бесшумности работы. В России не так давно использовали в большей степени глобоидные передачи, которые предназначены для повышенных нагрузок [3].

В настоящее время в отечественном лифтостроении наметилась тенденция перехода от глобоидных передач к цилиндрическим червячным передачам, которые более технологичны, менее критичны к точности сборки и имеют хорошо отработанную технологию изготовления и термической обработки червяка. Цилиндрические червячные передачи применяются как при производстве новых лифтов, так и при модернизации действующего лифтового оборудования [3].

В АО «Сарапульский электрогенераторный завод» (Удмуртия) в 2018 г. запустили в России полностью локализованное производство лифтовых лебедок, включая изготовление «червячной пары» – комплекта деталей, который ранее закупался за рубежом. Это производство обеспечивает выпуск до 6,5 тыс. червячных пар в год [4].

Рассмотрим дефекты, которые могут встречаться при производстве. Дефекты червячных редукторов лифтовых лебедок могут быть классифицированы по стадии технологического процесса, на которой они возникают (см. таблицу).

Самый опасный дефект – шлифовочные трещины, так как они не видны невооруженным глазом, но являются концентраторами напряжений, приводящими к усталостному разрушению [5]. При трещинах глубиной 0,01-0,02 мм напряжение в рабочей нагрузке может превышать предел текучести металла, что приводит к трещинам и поломкам самих зубьев.

Под системой входного контроля качества (Input Quality Control System) понимается совокупность взаимосвязанных процедур, методов и средств, предназначенных для проверки поступающих на операцию шлифования заготовок с целью обеспечения стабильности процесса и исключения возникновения дефектов. Как отмечает Г. Кунц, система – это не простая сумма частей, а новое образование, в котором все компоненты взаимозависимы [6]. Большим шагом в развитии системы

Классификация дефектов по стадии возникновения

Причина возникновения	Тип дефекта	Причина	Последствия
Металлургическая	Пористость, раковины, неоднородность структуры	Нарушение технологии литья бронзового венца	Снижение прочности, ускоренный износ
Термическая обработка	Неравномерная твердость, остаточные напряжения	Нарушение режимов цементации и закалки	Повышенная хрупкость, склонность к трещинообразованию
Механическая обработка	Погрешности геометрии, отклонение профиля зуба	Некачественное зубофрезерование	Нарушение пятна контакта, вибрация
Зубошлифование	Прижоги, шлифовочные трещины	Перегрев при шлифовании, неоптимальные режимы	Критический дефект → аварийный отказ



качества является интеграция технологий машинного зрения и видеоаналитики. В России уже сформирована нормативная база для внедрения подобных интеллектуальных систем: ГОСТ Р 59385-2021 [7] устанавливает терминологию в области ситуационной видеоаналитики, а с 1 марта 2026 г. вступил в силу ГОСТ Р 72536-2026 [8], регламентирующий метрики точности обнаружения событий и задержку обработки данных.

В рамках автоматизации входного контроля возникает задача бинарной классификации участков поверхности червячного колеса. Каждому контролируемому участку ставится в соответствие вектор признаков  $x \in Rd$ , полученный в результате обработки изображения. Каждый вектор принадлежит одному из двух классов:

$$Y \in \{-1, +1\}$$

где  $y = +1$  – поверхность без дефекта (норма),  $y = -1$  – поверхность с дефектом (шлифовочная трещина, прижог, вмятина). Обучающая выборка состоит из  $n\{(xi, yi)\}i=1$ .

Метод опорных векторов (SVM) решает задачу построения разделяющей гиперплоскости:

$$W^T x + b = 0,$$

где  $w$  – вектор весов,  $b$  – смещение. Решающее правило имеет вид:

$$f(x) = \text{sign}(w^T x + b).$$

Для корректной классификации всех объектов обучающей выборки требуется выполнение условия:

$$yi(w^T xi + b) \geq 1 \forall i = 1 \dots n.$$

Геометрический отступ (расстояние от гиперплоскости до ближайших объектов) определяется как:

$$\gamma = \frac{1}{\|w\|}.$$

Метод опорных векторов максимизирует этот отступ, что эквивалентно минимизации  $\|w\|$ . Это приводит к следующей оптимизационной задаче:

$$\min(w, b) \frac{1}{2} \|w\|.$$

При условии  $yi(w^T xi + b) \geq 1, i = 1 \dots n$ .

Для решения задачи вводятся множители Лагранжа  $ai \geq 0$ . Условия стационарности дают:

$$\frac{\partial L}{\partial w} = 0 \quad w = \sum_{i=1}^n ai yi xi$$

$$\frac{\partial L}{\partial b} = 0 \quad \sum_{i=1}^n ai yi = 0$$

Подстановка приводит к двойственной задаче:

$$\max_a \sum_{i=1}^n ai - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n ai aj yi yj (xi^T xj)$$

при условии  $ai \geq 0, \sum_{i=1}^n ai yi = 0$

После решения большинство  $ai$  оказываются равными 0. Ненулевые  $ai$  соответствуют *опорным векторам* – объектам, лежащим на границе отступа. Именно эти объекты определяют положение разделяющей гиперплоскости.

В реальных условиях микротрещины (глубиной 0,01–0,02 мм) не разделяются линейно, поэтому применяется *ядерный трюк*: скалярное произведение заменяется ядерной функцией  $K(x_i, x_j)$ , которая неявно отображает данные в пространство признаков большей размерности.

Для задачи обнаружения шлифовочных трещин оптимальным является *радиально-базисное (RBF) ядро*:

которое чувствительно к локальным изменениям текстуры поверхности. Решающее правило для нового объекта  $x$  принимает вид:

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\|x_i - x_j\|^2 / (2 * \text{sigma}^2)\right),$$

которое чувствительно к локальным изменениям текстуры поверхности. Решающее правило для нового объекта  $xx$  принимает вид:

$$f(x) = \text{sign}\left(\sum_{i \in SV} a * yi * K(x_i, x_j) + b\right),$$

В разрабатываемой системе входного контроля каждому участку поверхности червячного колеса ставится в соответствие вектор признаков  $x = (x1, x2, \dots, xd)$ , где в качестве компонентов выступают:

- средняя интенсивность пикселей;
- локальная энтропия текстуры;
- градиенты яркости по направлениям;
- коэффициенты вейвлет-преобразования.

Обученный SVM-классификатор принимает решение:

Результат = «норма», если

$$\sum_{i \in SV} ai * yi * K(xi, x) + b >= 0 \text{ «дефект», иначе}$$

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 72536-2026 для систем ситуационной видеоаналитики классификатор на основе SVM должен обеспечивать:

- точность обнаружения (*Precision*) – не менее 95%;
- полноту (*Recall*) – не менее 95%;
- задержку обработки – не более 0,5 секунды на один участок поверхности.

Указанные показатели достижимы при использовании SVM с RBF-ядром и оптимизации гиперпараметров ( $C$  и  $\sigma$ ) методом кросс-валидации.

Предложенная математическая модель классификации на основе метода опорных векторов позволяет:

- автоматически разделять нормальные и дефектные участки поверхности червячных колес;
- работать с микротрещинами глубиной 0,01–0,02 мм, не различимыми невооруженным глазом;
- интегрироваться в систему видеоаналитики в реальном времени;
- достигать точности 95–98%.

В результате проведенного анализа проблем обеспечения качества червячных колес лифтовых редукторов установлено, что основным дефектом, влияющим на безопасность лифтового оборудования, являются шлифовочные трещины и прижоги, возникающие на финишных операциях обработки. Традиционные методы входного контроля, такие как визуальный осмотр и выборочная проверка твердости, не позволяют гарантированно выявлять микротрещины глубиной 0,01–0,02 мм, что создает риск внезапного усталостного разрушения деталей и аварии лифта. Для решения данной задачи предложена математическая модель контроля на основе метода опорных векторов (SVM), которая позволяет классифицировать участки поверхности червячного колеса на два класса – «норма» и «дефект». Показано, что использование радиально-базисной (RBF) ядерной функции обеспечивает эффективное разделение нелинейно делимых признаков, характерных для микротрещин. Разработанная архитектура, включающая последовательную работу нейросетевого детектора аномалий и SVM-классификатора, обеспечивает переход от субъективного визуального осмотра к объективному автоматизированному контролю. Полученные метрики качества классификации, включая точность обнаружения и полноту не менее 95 %, а также задержку обработки не более 0,5 секунды на один участок поверхности, соответствуют требованиям ГОСТ Р 72536-2026 для систем ситуационной видеоаналитики. Предложенные решения могут быть адаптированы для серийного производства червячных пар, что позволит снизить уровень брака, повысить безопасность лифтового оборудования и обеспечить стабильность технологического процесса.

#### Источники

1. Gray Lee. Miller's Patent Screw Hoisting Machine // Elevator World. 2021. January 1.
2. Патент РФ № 2147268. Прерывистый шлифовальный круг для обработки колес с круговым зубом.
3. Волков Д.П. Лифты: устройство, эксплуатация, безопасность [Электронный ресурс]. LiftSpas.

ru. 2021. URL: <https://www.liftspas.ru/read/2/1-lifty-volkov-d-p-onlajn.html>

4. В Удмуртии открыто производство лифтовых лебедок [Электронный ресурс]. Время России. 2026. 15 марта. URL: <https://времяроссии.рф/event/v-udmurtii-otkryto-proizvodstvo-liftovyh-lebedok>
5. ГОСТ 21014-2022. Металлопродукция из стали и сплавов. Дефекты поверхности. Термины и определения: Межгосударственный стандарт (введ. приказом Росстандарта от 31 марта 2022 г. № 182-ст.) [Электронный ресурс]. Гарант. URL: <https://base.garant.ru/>
6. Кунц Г., О'Доннел С. Управление: системный и ситуационный анализ управленческих функций / Пер. с англ.; Общ. ред. Д.М. Гвишиани. М.: Прогресс, 1981.
7. ГОСТ Р 59385-2021. Информационные технологии. Искусственный интеллект. Ситуационная видеоаналитика. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2021.
8. ГОСТ Р 72536-2026. Системы ситуационной видеоаналитики. Метрики и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2025.

#### References

1. Gray Lee. «Miller's Patent Screw Hoisting Machine» // Elevator World. 2021. January 1.
2. Russian Federation Patent No. 2147268. Intermittent grinding wheel for machining wheels with circular teeth.
3. Volkov, D.P. «Elevators: design, operation, safety» [Electronic resource]. LiftSpas.ru. 2021. URL: <https://www.liftspas.ru/read/2/1-lifty-volkov-d-p-onlajn.html>
4. Elevator winch production opened in Udmurtia [Electronic resource]. Russian Time. 2026. March 15. URL: <https://времяроссии.рф/event/v-udmurtii-otkryto-proizvodstvo-liftovyh-lebedok>
5. GOST 21014-2022. Metal products made of steel and alloys. Surface defects. Terms and definitions: Interstate standard (introduced by the order of Rosstandart dated March 31, 2022, No. 182-st.) [Electronic resource]. Garant. URL: <https://base.garant.ru/>
6. Kuntz G., O'Donnell S. Management: systems and situational analysis of management functions / Transl. from English; General editor D.M. Gvishiani. Moscow: Progress, 1981.
7. GOST R 59385-2021. Information technology. Artificial intelligence. Situational video analytics. Terms and Definitions. Moscow: Standartinform, 2021.
8. GOST R 72536-2026. Situational Video Analytics Systems. Metrics and Test Methods. Moscow: Standartinform, 2025.



УДК 65.011.5

# Организация контроля качества технологического процесса приготовления водного шликера из кварцевого стекла. Часть I

## А.Н. Храмов,

АО «ОНПП «Технология»  
имени А.Г. Ромашина»;  
г. Обнинск, Калужская обл.

## И.В. Бежину,

АО «ОНПП «Технология»  
имени А.Г. Ромашина»;  
г. Обнинск, Калужская обл.

## Д.В. Харитонов,

д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ  
ВО «Российский химико-технологический  
университет имени Д.И. Менделеева»;  
Москва  
e-mail: kharitonovdv@technologiya.ru

**Аннотация.** Представлен авторский опыт разработки и внедрения частичной автоматизации технологического процесса приготовления водного шликера из кварцевого стекла, применяемого для производства керамических изделий. Разработана, изготовлена и внедрена в производство система автоматического контроля, которая оперативно информирует о действиях оператора, об аварийных ситуациях на технологическом оборудовании и исполнении технологического процесса, а также выполняет хранение информации о проведенных технологических процессах и состоянии оборудования.

**Ключевые слова:** автоматизация, водный шликер, кварцевое стекло, шаровая мельница, аварийные ситуации, технологический процесс.

**Summary.** This study explores the development and implementation of a partially automated process for preparing an aqueous quartz glass slip used in the production of ceramic products. As a result, an

automatic control system was developed, manufactured, and implemented. It promptly reports operator actions, emergency situations involving process equipment, and process execution, as well as stores information and the status of completed processes and equipment.

**Keywords:** automation, aqueous slip, quartz glass, ball mill, emergency situations, technological process.

## Введение

Из всех методов формования сложнопрофильных крупногабаритных керамических заготовок наиболее простым и относительно недорогим является метод водного шликерного литья в гипсовые формы [1].

Данный метод в России является основным для производства ряда крупногабаритных изделий из стеклообразных материалов (кварцевое и литий-алюмосиликатное стекло) [2].

Рассмотрим возникающие технологические проблемы при реализации данной технологии на примере производства изделий из кварцевого стекла. Основой шликерного литья крупногабаритных кварцевых керамических заготовок является операция приготовления водных шликеров, которая оказывает большое влияние на качество формуемых и обжигаемых из них заготовок [3, 4].

Способ получения водных шликеров (далее – шликер), схематично представленный на (рис. 1), включает:

1) загрузку дробленного кварцевого стекла, мелющих тел, изготовленных из нарезанных цилиндров кварцевого стекла и дистиллированной воды, в шаровую мельницу;

2) мокрый помол, в результате которого происходит тонкое измельчение кварцевого стекла (размер частиц после измельчения находится в пределах от 0,5 до 100 мкм) и образование плотной ( $1,87 \div 1,90$  г/см<sup>3</sup>) суспензии кварцевого стекла (шликера);

3) перелив шликера в емкость для выдержки шликера (далее – стабилизатор) без мелющих тел с его дальнейшим механическим перемешиванием, для удаления избыточного воздуха и равномерного распределения частиц по всему объему суспензии, стабилизации;

4) заливку полученного шликера в гипсовую форму, которая забирает из него избыточную воду, в результате чего образуется заготовка из кварцевого стекла.

Схема шаровой мельницы представлена на рис. 2. Она состоит из металлического барабана, в котором размещен футеровочный сосуд из кварцевой керамики (во избежание попадания в получаемый шликер инородных включений). Вращение барабана осуществляется от электродвигателя через систему «муфта – редуктор – ременная передача» [5].

Критерии качества технологического процесса приготовления шликера – угловая скорость вращения барабана мельниц и стабилизаторов, интервалы времени помола и этапов стабилизации шликера, наличие либо отсутствие кратковременных остановок вращения барабанов на разных этапах помола и стабилизации, температура суспензии при помоле и стабилизации, которые влияют на конечные физико-химические свойства суспензии и как следствие – на качество получаемых изделий [4–6].

В установленном производстве керамических изделий технологический процесс приготовления шликера – непрерывный технологический процесс и является технологической операцией основного технологического процесса, обеспечение четкого выполнения всех операций которого является строго обязательным. Выполнение данного требования при увеличении парка помольного оборудования становится все сложнее и практически невозможно без проведения работ по автоматизации контроля качества технологического процесса.

В связи с этим организация контроля качества технологического процесса приготовления водного шликера из кварцевого стекла представляется авторам актуальной задачей.

### 1. Анализ негативных факторов, влияющих на качество исполнения действующего технологического процесса

Перед работами по организации контроля качества любого технологического процесса необходимо определить основные проблемы, мешающие этому.

Анализ существующего технологического процесса выполнялся с применением следующих источников информации:

– технологический процесс (технологическая документация);

– конструкторская документация технологического оборудования;

– периодический осмотр технологического оборудования;

– видеоконтроль действий работников производственных участков;

– оперативные журналы работ на участке помола;

– результаты анализа шликера;

– опрос эксплуатационного персонала.

Результаты анализа исполнения технологического процесса позволили выявить три основных негативных фактора, влияющих на качество исполнения технологического процесса приготовления водного шликера.

1. *Вариативность технологического процесса*, влекущая за собой нестабильность длительности прохождения технологической операции.

Так, например, от уровня влажности стекла, загружаемого в мельницу, от количества и соотношения по размерам загруженных в мельницу мелющих тел, от количества добавляемой в мельницу дистиллированной воды длительность операции помола может варьировать в интервале 20–25 часов.

2. *Отсутствие любого вида оперативной информации о состоянии технологического оборудования* (простой, подготовка к работе, работа, авария) и **выполняемого технологического процесса** (время исполнения, частота вращения барабанов технологического оборудования, остановки вращений), что приводит к ряду негативных последствий, рассмотрим их на конкретных примерах:

- аварийная остановка мельницы во время помола на 30 и более минут, вовремя не замеченная обслуживающим персоналом, приводит к оседанию измельчаемой массы и как следствие – к критическому повреждению футеровки (за 2024 г. было зафиксировано пять фактов);

- длительные простои оборудования после завершения ремонтных работ, когда проводящие ремонт сотрудники после их окончания забыли сообщить об окончании ремонта и передаче в работу мельницы (за 2024 г. выявлено шесть фактов простоя с длительностью каждого более 10 дней);

- ошибки персонала при выборе и обслуживании конкретной единицы оборудования, без учета приоритетности, отсутствие информации об окончании строго регламентированного времени использования готового шликера (не более пяти часов с момента взятия положительного анализа) приводят к тому, что для формования заготовок используется некачественный шликер, что зачастую ведет к их дальнейшей технологической потере (за 2024 г. зафиксировано 26 подобных нарушений);

3. **Отсутствие достоверной и полной технологической информации о завершённых про-**



цессах и действиях оператора, что делает невозможным проведение постанализа информации и затрудняет проведение работ по стабилизации технологических процессов.

Ситуацию усугубляет то, что ввиду непрерывного расширения производства (при отсутствии свободных площадей) установка новых мельниц осуществлялась во вновь высвобождаемых помещениях, зачастую территориально разнесенных друг от друга (по 8÷14 единиц в одном помещении), при этом одна и та же единица оборудования в один момент времени применяется как мельница, а в другой – как стабилизатор.

Из трех вышеприведенных негативных факторов первый удалось решить с помощью технологических приемов. Во-первых, за счет решения многолетней проблемы сушки промытого исходного стекла, которое ранее (ввиду отсутствия больших заказов) просто сохло на воздухе в течение нескольких дней. Во-вторых, за счет разработки методики добавления мелющих тел после каждого помола.

Решение второго и третьего выявленных негативных факторов возможно только с помощью создания системы автоматического контроля качества выполнения технологического процесса приготовления водного шликера из кварцевого стекла; структурная схема системы контроля на базе существующей на производстве автоматизированной системы ПАУК (система управления цехом) представлена на рис. 3 [7, 8].

Автоматизация является плодом научно-технической революции, может быть реализована автоматически или автоматизировано, стремится к минимальной номенклатуре и количеству потребляемых ресурсов объектом и системой управления, максимальной эффективности использования ресурсов. При невозможности решения части поставленных задач техническими средствами (из-за их стоимости, доступности или других ограничений) может применяться симбиоз с внедрением дополнительных организационно-распорядительных и нормативно-технических документов.

Исходя из этого основными целями разработки и внедрения предложенной системы контроля является:

- стабильность и предсказуемость технологического процесса при производстве качественного шликера, выявление влияющих на это технологических и внешних физических факторов;
- исключение или минимизация влияния «человеческого фактора» на качество технологического процесса и формирование технической информации об этапах его исполнения;
- исключение или минимизация времени простоя и ремонта технологического оборудования;

- обеспечение принятия технологами и эксплуатационным персоналом качественных и оперативных решений на основе архивной и текущей информации о технологическом процессе;
- обеспечение требуемого уровня безопасности производства.

Сформулируем задачи системы контроля (табл. 1), руководствуясь поставленными целями, выявленными проблемами и ограничениями, спецификой основного производства.

## 2. Решение задач

Автоматизация – целенаправленное использование специализированных технических и вычислительных средств и методов, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, информации или существенно уменьшающих степень этого участия и трудоемкость выполняемых ручных операций [9].

Анализируя поставленные задачи, авторами предложено использование иерархической трехуровневой системы контроля (рис. 4), состоящей из следующих подсистем:

- *подсистема нижнего уровня*: система локальной автоматики на технологическом оборудовании (мельницы и стабилизаторы);
- *подсистема среднего уровня*: система локальной автоматики в производственном помещении;
- *подсистема верхнего уровня*: система сбора, обработки, архивирования и представления данных исполнения технологического процесса.

Электроснабжение всех подсистем – независимое линейно-интерактивное, с применением источников бесперебойного питания в отдельных подсистемах.

Серийное и мелкосерийное производство характеризуется созданием автоматизированных систем из универсального и агрегатного оборудования с межоперационными емкостями, которое имеет возможность переналаживания [10]. При этом под межоперационными емкостями в настоящей работе предлагаем понимать не столько физическую емкость, сколько буфер данных (промежуточный архив).

Забегая вперед, можно отметить, что подсистемы нижнего и среднего уровня в начале реализации проекта разрабатывались как одно целое и только после анализа работы опытного экземпляра и реализации масштабирования в производственном помещении для оптимизации финансовых и трудовых затрат было принято решение по ее разделению на две подсистемы (рис. 5 и 6).

Для разработки подсистем применялась общая информация о задачах системы контроля и допол-

нительная информация (табл. 2).

Авторы реализовали систему контроля (рис. 7). Контроль исполнения технологического процесса основан на архивировании технологических данных и визуализации результатов анализа вре-

менных интервалов вращения (да/нет) барабанов технологического оборудования и действий эксплуатационного персонала с технологическим оборудованием (переключатель «Режим помол», кнопки «Пуск» и «Стоп», концевой выключатель

Таблица 1. Задачи системы контроля

Задача	Подсистемы		
	нижний уровень	средний уровень	верхний уровень
	<i>Система локальной автоматике на технологическом оборудовании (мельницы и стабилизаторы)</i>	<i>Система локальной автоматике в производственном помещении</i>	<i>Система сбора, обработки, архивирования и представления данных исполнения технологического процесса</i>
Управление технологическим оборудованием	•		
Выявление и сигнализация состояний отдельного экземпляра технологического оборудования	•	•	
Ведение архива аварийных состояний отдельного экземпляра технологического оборудования		•	
Выявление, сигнализация, ведение архива аварийных состояний группы связанного технологического оборудования		•	•
Индикация состояния технологического оборудования (простой, подготовка к работе, работа, авария, скорость вращения барабана, динамическая информация состояния электропривода), локально на отдельном экземпляре оборудования		•	
Индикация и архивирование состояния технологического оборудования (простой, подготовка к работе, работа, авария, скорость вращения барабана, время простоя и работы, исполняемый этап технологического процесса), централизовано для технологического процесса		•	•
Выявление, сигнализация и ведение архива отклонений от заданных требований и событий исполнения технологического процесса			•
Индикация занятого объема загрузки технологического оборудования (литры), централизовано для технологического процесса			•
Автоматическое архивирование технической информации исполнения технологического процесса и действий эксплуатационного персонала с технологическим оборудованием		•	•
Реализация визуального интерфейса централизованного представления информации о текущем состоянии технологического оборудования и процесса			•
Реализация визуального интерфейса представления архивной информации о состоянии технологического оборудования и процесса			•
Информационное взаимодействие с системой управления цеха			•
Пассивная защита обслуживающего персонала при эксплуатации технологического оборудования	•		

Таблица 2. Информация дополнительная для разработки подсистем

Нижний уровень <i>Система локальной автоматики на технологическом оборудовании (мельницы и стабилизаторы)</i>	Средний уровень <i>Система локальной автоматики в производственном помещении</i>	Верхний уровень <i>Система сбора, обработки, архивирования и представления данных исполнения технологического процесса</i>
Конструкторская документация на мельницы и стабилизаторы	Критерии аварийной работы при первоначальном разгоне и остановке при исполнении технологического процесса	Требования к интерфейсам и протоколам информационного взаимодействия с подсистемами и системой управления цеха
Опыт эксплуатации мельниц и стабилизаторов на предприятии, опыт производителей шаровых мельниц, зарубежный и отечественный, например, SACMI модификации MTD или ООО «НПЦК» типа МШФ-100 и производителей частотных преобразователей привода электродвигателей, например ESQ	Принятая цветовая индикация состояния технологического оборудования	Требования к номенклатуре, периодичности и объему архивирования валидных данных критерии начала/окончания, наличие остановов вращения и длительность этапов технологического процесса
Требуемая скорость вращения барабанов	Объем промежуточного архива данных	Функциональное назначение каждой единицы технологического оборудования (мельница или стабилизатор) Требуемая скорость вращения барабанов

целостности защитного ограждения), также для расширенных функций системы контроля необходима информация из системы управления цеха ПАУК (результаты положительных анализов (да-

лее – анализ «+»), объем, занимаемый шликером в барабане).

Рассмотрим подробнее состав подсистем, предложенной трехуровневой системы контроля (см. рис. 4).

Рисунки

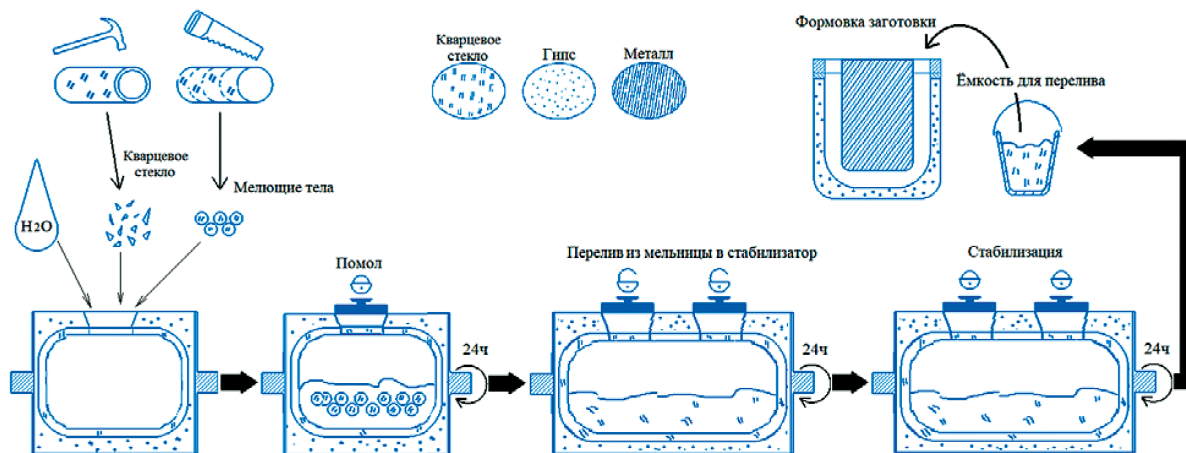


Рисунок 1. Способ получения водных шликеров кварцевого стекла

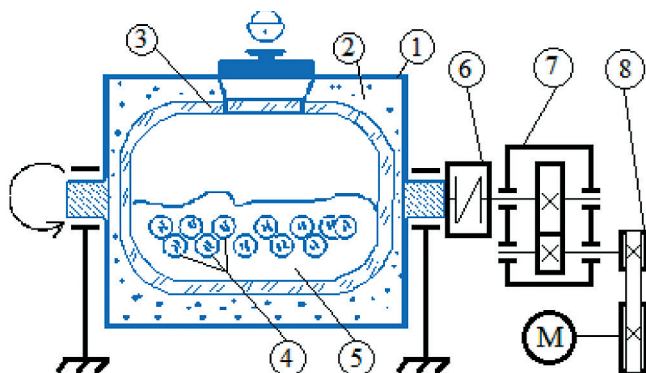


Рисунок 2. Изображение мельницы для получения водного шликера со схемой механического привода: 1 – металлический корпус мельницы, 2 – гипсовый слой, фиксирующий керамическую футеровку в металлическом корпусе, 3 – керамическая футеровка, 4 – мелящие тела, 5 – шликер, 6 – муфта соединительная, 7 – редуктор, 8 – ременная передача, М – электродвигатель

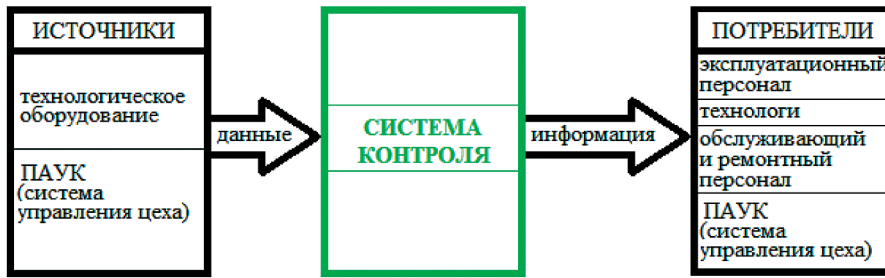


Рисунок 3. Система контроля, источники и потребители данных/информации

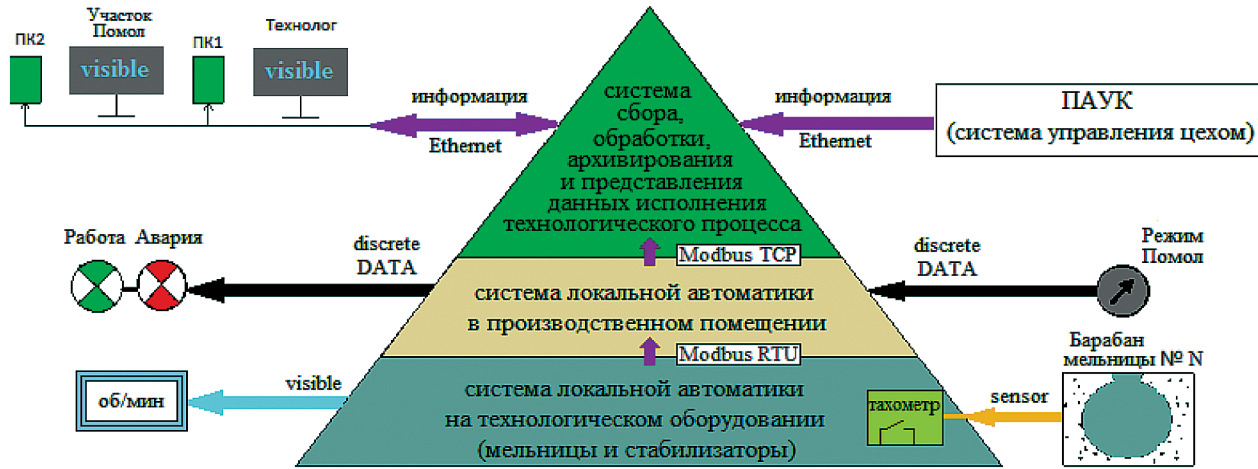


Рисунок 4. Иерархическая структура системы контроля

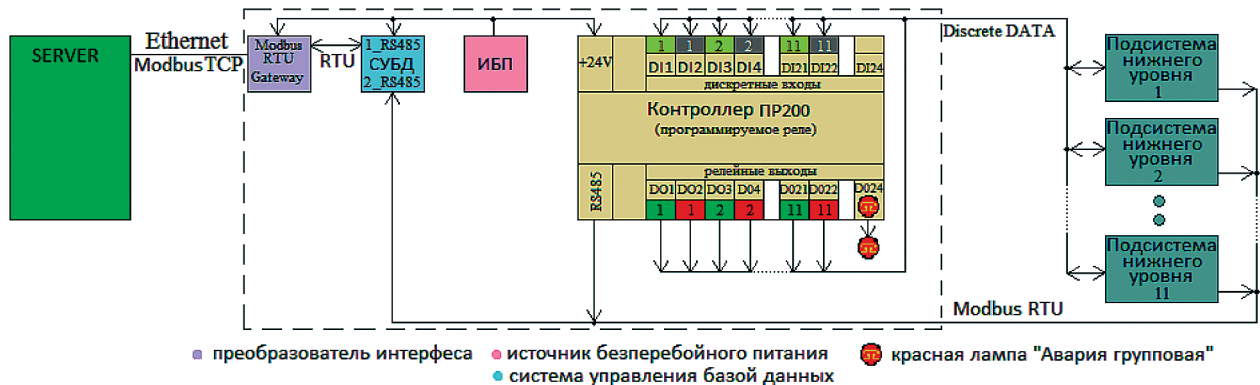
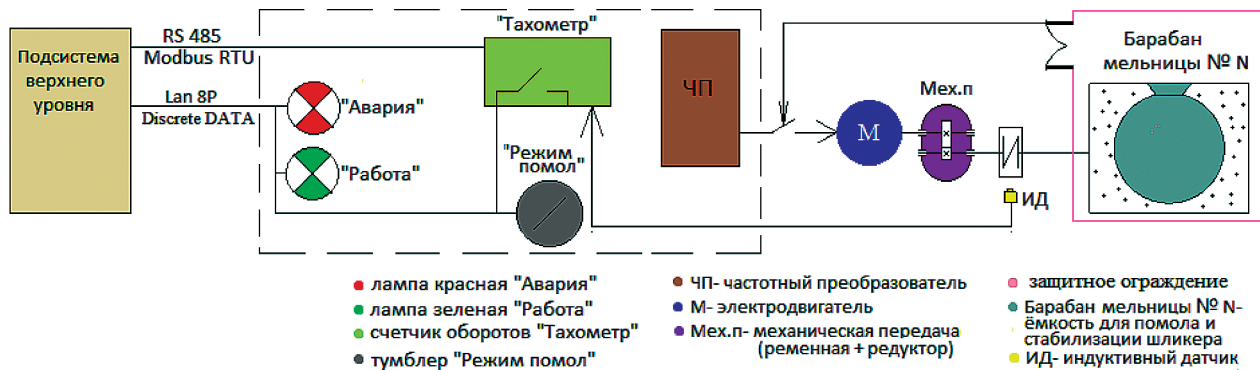


Рисунок 5. Структурная схема подсистемы нижнего и среднего уровня



Рисунок 6. Производственный участок с мельницами и стабилизаторами

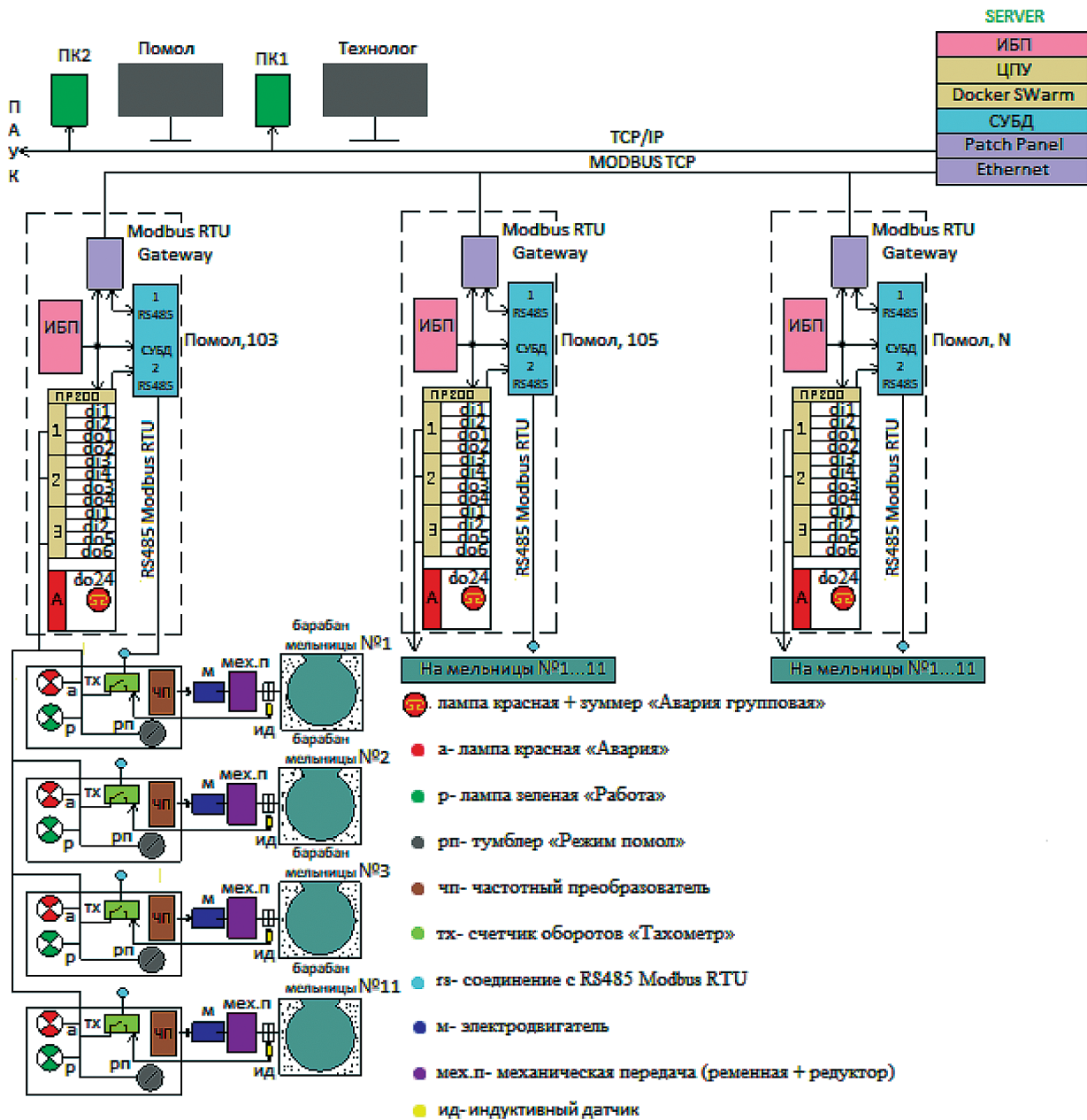


Рисунок 7. Структурная схема системы контроля

## Источники

1. Беляков А.В., Пашков О.Д., Дементьева А.Г., Алымова Я.А., Демаков А.М. Сравнительный анализ способов получения крупногабаритных изделий технологий шликерного литья: Обзор // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXXVI. 2022. № 3. С. 22–25.
2. Суздальцев Е.И., Харитонов Д.В., Анашкина А.А. Анализ существующих радиопрозрачных материалов, композиций и технологий для создания обтекателей скоростных ракет. Часть 3. Технология изготовления кварцевых и стеклокристаллических обтекателей, проблемы и перспективы улучшения // Новые огнеупоры. 2010. № 8. С. 43–49.
3. Охлупин Ю.С., Моторнова М.С., Харитонов Д.В., Анашкина А.А., Маслова Е.В. Влияние pH и продолжительности ротационного перемешивания шликера на выход брака по трещинам изделий из кварцевой керамики // Стекло и керамика. 2020. № 1. С. 32–36.
4. Маслова Е.В., Северенкова В.В., Анашкина А.А. Совершенствование процесса получения водного шликера на основе кварцевого стекла // Тезисы докладов Международной научной конференции «Новые тенденции в керамике и стекле», посвященной памяти академика РАН В.Я. Шевченко. Новочеркасск, 29 сентября – 3 октября 2025 г. С. 91–94.
5. Суздальцев Е.И., Харитонов Д.В., Анашкина А.А. Исследования по оптимизации технологии получения водных шликеров литийалюмосиликатного стекла. Часть 1. Модернизация помольного оборудования // Огнеупоры и техническая керамика. 2012. № 1–2. С. 40–45.
6. Ромашин А.Г., Суздальцев Е.И., Русин М.Ю. Научные и практические аспекты изготовления крупногабаритных, сложнопрофильных изделий из кварцевой керамики. Часть 1. Статистический анализ устойчивости технологического процесса изготовления изделий из кварцевой керамики // Новые огнеупоры. 2004. № 9. С. 34–40.
7. Клокотов И.Ю. Автоматизация технологических процессов // Международный журнал наук и технологий «Integral». 2019. № 1. С. 138–142.
8. Маслова Е.В., Харитонов Д.В., Анашкина А.А., Грошев А.В. Разработка инструментов анализа производственных данных в программно-аппаратном управлении комплексе, интегрированном в производство керамических изделий // Наука, инновации и технологии: от идеи к внедрению: Материалы Международной научно-практической конференции. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 124–127.
9. ГОСТ Р 71765-2024. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Общие требования (утв. и введен в действ. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 ноября 2024 г. № 1593-ст) [Электронный ресурс]. Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310068367>
10. Маслов В.Д., Сачков И.Н. Актуальные проблемы автоматизации в современном мире // Вестник науки и образования. 2019. № 2(56). Ч. 1. С. 48–51.

## References

1. Belyakov A.V., Pashkov O.D., Demytyeva A.G., Alymova Ya.A., Demakov A.M. Comparative Analysis of Methods for Producing Large-Sized Parts Using Slip Casting Technology (Review) // Advances in Chemistry and Chemical Technology. VOL. XXXVI. 2022. No. 3. pp. 22-25
2. Suzdal'tsev E.I., Kharitonov D.V., Anashkina A.A. Analysis of Existing Radio-Transparent Materials, Compositions, and Technologies for Creating High-Speed Rocket Fairings. Part 3. Manufacturing Technology of Quartz and Glass-Crystal Fairings, Problems and Prospects for Improvement. // Journal «Novye Refractory Products», 2010, No. 8, pp. 43-49
3. Okhlupin Yu.S., Motornova M.S., Kharitonov D.V., Anashkina A.A., Maslova E.V. The Effect of pH and Duration of Rotational Mixing of Slip on the Yield of Crack-Related Rejects in Quartz Ceramic Products. // Glass and Ceramics, No. 1, 2020 – pp. 32-36
4. Maslova E.V., Severenkova V.V., Anashkina A.A. Improving the Process of Obtaining Aqueous Slip Based on Quartz Glass // Abstracts of the International Scientific Conference «New Trends in Ceramics and Glass» dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences V.Ya. Shevchenko. Novocherkassk. September 29 – October 3, 2025, pp. 91-94
5. Suzdal'tsev E.I., Kharitonov D.V., Anashkina A.A. Research on Optimization of the Technology for Obtaining Aqueous Slips of Lithium Aluminum Silicate Glass. Part 1. Modernization of Grinding Equipment. // Refractories and Technical Ceramics, 2012, No. 1-2 – pp. 40-45
6. Romashin, A.G., Suzdal'tsev, E.I., Rusin, M.Yu. Scientific and Practical Aspects of Manufacturing Large-Size, Complex-Profile Quartz Ceramic Parts. Part 1. Statistical Analysis of the Stability of the Manufacturing Process for Quartz Ceramic Parts. //Journal «Novye ognepory», 2004, No. 9, pp. 34-40
7. Klokov I. Yu., Automation of technological processes// Journal» International Journal of Science and Technology «Integral», 2019, No. 1, pp. 138-142
8. Maslova E. V., Kharitonov D. V., Anashkina A. A., Groshev A. V. Development of tools for analyzing production data in a software and hardware control complex integrated into the production of ceramic products. // In the collection: Science, Innovation, and Technology: From Idea to Implementation. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Komsomolsk-on-Amur, 2022, pp. 124-127
9. GOST R 71765-2024. Unified system of standards for automated control systems. Automated control systems for technological processes. General requirements. Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, No. 1593-st, dated November 1, 2024
10. Maslov V.D., Sachkov I.N. Current Issues of Automation in the Modern World. // Scientific and Methodological Journal «Bulletin of Science and Education» No. 2(56). Part 1, 2019, pp. 48-51



# Нормативное правовое регулирование туристских троп в Российской Федерации: текущее состояние и системные проблемы

**М.Л. Рахманов,**

*д-р техн. наук, научный сотрудник  
научного центра ФГБУ «Институт  
стандартизации»; Москва*

**Э.Е. Коробейников,**

*аспирант ФГБУ «Институт  
стандартизации»; Москва*

*Аннотация.* В статье представлен анализ современного состояния нормативно-правового регулирования функционирования туристических троп в Российской Федерации. Рассмотрены действующие национальные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р 70586-2022 [1], ГОСТ Р 70585-2022 [2]) и проект федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» и в отдельные законодательные акты Российской Федерации» с целью формирования Национальной системы туристских троп [3].

*Ключевые слова:* туристские тропы, стандартизация, нормативно-правовое регулирование, классификация, особо охраняемые природные территории.

*Summary.* The article presents an analysis of the current state of legal regulation of the functioning of tourist trails in the Russian Federation. The current national standards (GOST R 70586-2022 [1], GOST R 70585-2022 [2]) and the draft federal law “On Amendments to the Federal Law ‘On the Fundamentals of Tourist Activity in the Russian Federation’ and to Certain Legislative Acts of the Russian Federation” for the purpose of forming a National System of Tourist Trails are considered [3].

*Keywords:* hiking trails, standardization, legal regulation, classification, specially protected natural areas.

Туристическая инфраструктура в целом и пешеходные тропы в частности должны обеспечивать безопасность и комфорт граждан. В последние годы в России предпринимаются усилия по ее улучшению, однако принимаемые меры и нормативно-правовое регулирование туристских троп существенно отстают от требований уровня регулирования туристической отрасли в целом [4].

Ранее, в статье [5] обозначена необходимость структурирования инфраструктурных элементов по пяти категориям – базовая, комфортная, информационная, коммерческая, экологическая.

В настоящей статье рассматривается анализ текущего состояния нормативно-правового регулирования туристских троп в Российской Федерации, выявление системных пробелов в законодательстве и обоснование конкретных направлений его доработки.

Для детализации этих проблем необходимо:

- оценить полноту законодательной базы туризма в РФ и место в ней инфраструктуры туристских троп;
- провести детальный анализ действующих национальных стандартов ГОСТ Р и проекта федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон „Об основах туристской деятельности в Российской Федерации“ и в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
- выявить правовые пробелы в законодательстве;
- обосновать приоритетные направления совершенствования нормативной правовой базы.

Целесообразным будет рассмотреть нормативную правовую базу туризма от общего к частному. Фундаментом законодательства по туризму в РФ выступает Федеральный закон от 24 ноября 1996 г. № 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» (далее – закон) [4]. В рамках закона определены основные понятия («туристский маршрут», «туристский продукт»), принципы госрегулирования и безопасности туризма. Также принята Стратегия развития туризма до 2035 года [6], где оборудованные пешие маршруты отнесены к элементам туристской инфраструктуры, подлежащим господдержке.

Однако в этих документах отсутствует понятие «туристская тропа» как самостоятельный объект. Действующий закон оперирует общими категориями, не учитывая специфики инфраструктуры. В связи с этим возникает правовая неопределенность при создании, эксплуатации и финансировании троп.

В настоящее время принято только 3 национальных стандарта, непосредственно касающихся троп:

1. ГОСТ Р 70586-2022 – устанавливает минимальные требования к обустройству троп для безопасности и охраны природы [1]. Касается только безопасности, практически не затрагивая вопросы комфорта;
2. ГОСТ Р 70585-2022 – требования по маркировке троп [2];
3. ГОСТ Р 56642-2021 – общие требования к экологическому туризму [7].

В рамках данных национальных стандартов нет разделения троп по уровню сложности, обустроенности, допустимой нагрузке, требований к экологической устойчивости (кроме общих запретов на загрязнение), а самое главное – отсутствуют параметры системы оценки троп, следовательно, не установлен и порядок их категорирования.

В связи с изложенным можно сделать вывод, что существующая стандартизация туристских троп носит фрагментарный характер и недостаточна для системного развития инфраструктуры.

В июне 2025 г. в Государственную думу внесен межфракционной группой депутатов проект закона № 934622-8 «О внесении изменений в Федеральный закон „Об основах туристской деятельности в Российской Федерации“», направленный на формирование Национальной системы туристских троп [3].

В рамках законопроекта вводится легитимное определение «туристской тропы», предусмотрено категорирование троп: на федеральные, региональные, муниципальные, а также особо охраняемые природные территории (далее – ООПТ). Предлагается создать Единый реестр туристских троп. Устанавливается возможность публичного ограничения права пользования чужим земельным участком (далее – сервитут) для создания троп на государственных землях.

Однако, согласно официальному отзыву Правительства РФ от 8 июля 2025 г. № ДГ-П44-24908, законопроект требует доработки [8], так как в нем не учтены ряд положений, а именно:

- не унифицирован понятийный аппарат с земельным, лесным и природоохранным законодательством;
- не проработан механизм сервитута на землях сельхозназначения и ООПТ, возникают коллизии с Земельным кодексом и Федеральным законом от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ, в редакции от 29 декабря 2025 г. «Об особо охраняемых природных территориях» [9];
- отсутствует система классификации по уровню обустроенности, что приведет к тому, что реестр будет содержать все тропы без разграничения требований к ним.

Соответственно, после утверждения законопроекта должны быть приняты необходимые подзаконные акты, а в последующем и нормативные (постановления Правительства РФ, документы федеральных органов исполнительной власти в пределах своей компетенции, документы по стандартизации).

На основе анализа выявлены следующие правовые пробелы, изложенные в таблице.

**Правовые пробелы, выявленные на основе анализа**

Пробел	Суть	Необходимая доработка
Отсутствие легальной классификации троп	Нет разграничения по сложности, инфраструктуре, доступности для разных групп населения	Разработка и утверждение классификатора троп в рамках федерального закона
Межведомственные и земельные противоречия между нормативными документами	Тропы проходят по землям разных категорий (лесной фонд, ООПТ, сельскохозяйственные земли), каждая со своим режимом. Сервитут не урегулирован	Внесение изменений в Земельный кодекс, Лесной кодекс и закон «Об особо охраняемых природных территориях» для сквозного регулирования троп
Отсутствие экологических нормативов	Нет предельно допустимых рекреационных нагрузок на тропу, требований к биоразлагаемости материалов, управлению отходами	Разработка стандартов содержащих экологические требования к туристским тропам
Отсутствие добровольной системы сертификации и мониторинга	Не определены полномочия по оценке категории троп и порядок оценки	Создание системы сертификации (добровольной или обязательной) и мониторинга (надзора) состояния троп



В связи с изложенным можно сделать заключение, что нормативная правовая база туристских троп в Российской Федерации находится на стадии активного, но незавершенного формирования.

Российское законодательство о туризме [9] не содержит понятия «туристская тропа» и не регулирует ее специфику.

Действующие стандарты (перечисленные выше) ограничиваются требованиями к безопасности и маркировке.

Проект закона № 934622-8 – это попытка решить некоторые проблемы в части туристских троп, требующая серьезной доработки в части классификации, земельных сервитутов, экологических норм и др.

Для устранения перечисленных пробелов необходимо:

- доработать и принять федеральный закон с четкими отсылками к отраслевым кодексам;
- разработать подзаконные акты, в том числе классификацию туристских троп как основу для разработки дальнейших стандартов;
- создать систему добровольной сертификации.

## Источники

1. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 51303-2023. Торговля. Термины и определения. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 35 с.

2. ГОСТ Р 70586-2022. Туризм и сопутствующие услуги. Туристские тропы. Обустройство троп в целях обеспечения безопасности туристов и охраны окружающей среды. Минимальные требования. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 26 с.

3. Пешие походы – самое популярное направление активного туризма в России [Электронный ресурс]. РБК. Компании. 2024. 15 марта. URL: <https://companies.rbc.ru/news/>

4. Федеральный закон от 24 ноября 1996 г. № 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» (в ред. от 2 июля 2025 г.) // Собрание законодательства РФ. 1996. № 49. Ст. 5491.

5. ГОСТ Р 56642-2021. Туристские услуги. Экологический туризм. Общие требования. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 15 с.

6. Роскачество приступило к оценке соответствия туристических троп [Электронный ресурс]. Официальный сайт Роскачества. 2025. 14 июля. URL: <https://rskrf.ru/news/roskachestvo-pristupilo-k-otsenke-sootvetstviya-turisticheskikh-trop/>

7. ГОСТ Р 70585-2022. Туризм и сопутствующие услуги. Туристские тропы. Требования по маркировке троп. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 18 с.

8. Коробейников Э.Е., Рахманов М.Л. Разработка требований к системам классификации туристических троп в России // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4.

9. Федеральный закон от 14 апреля 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых территориях» (в ред. от 29 декабря 2025 г.) [Электронный ресурс]. Гарант. URL: <https://base.garant.ru/10107990/>

## Использованные источники

10. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. 2015. № 27. Ст. 3953.

11. Официальный отзыв на проект федерального закона № 934622-8 «О внесении изменений в Федеральный закон „Об основах туристской деятельности в Российской Федерации“ и в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: письмо Правительства РФ от 8 июля 2025 г. № ДГ-П44-24908 [Электронный ресурс]. Гарант. URL: <https://base.garant.ru/412366122/>

12. Проект федерального закона № 934622-8 «О внесении изменений в Федеральный закон „Об основах туристской деятельности в Российской Федерации“» (ред., принятая в первом чтении) [Электронный ресурс]. СОЗД ГАС «Законотворчество». URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/934622-8>

13. Рахманов М.Л., Коробейников Э.Е. Технологии и практики организации туристических троп и сопутствующей инфраструктуры: Аналитический доклад АСИ. М.: Агентство стратегических инициатив, 2024. 87 с.

14. Рахманов М.Л., Коробейников Э.Е. Разработка требований к системам классификации туристических троп в России // Стандарты и качество. 2025. № 3.

15. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 20 сентября 2019 г. № 2129-п) // Собрание законодательства РФ. 2019. № 40. Ст. 5603.

## References

1. National Standard of the Russian Federation GOST R 51303-2023. Trade. Terms and Definitions. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2023. 35 p.
2. GOST R 70586-2022. Tourism and Related Services. Hiking Trails. Trail Development to Ensure Tourist Safety and Environmental Protection. Minimum Requirements. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2022. 26 p.
3. Hiking – the Most Popular Active Tourism in Russia [Electronic resource]. RBC. Companies. 2024. March 15. URL: <https://companies.rbc.ru/news/>
4. Federal Law of November 24, 1996 No. 132-FZ «On the Fundamentals of Tourism Activity in the Russian Federation» (as amended on July 2, 2025) // Collected Legislation of the Russian Federation. 1996. No. 49. Article 5491.
5. GOST R 56642-2021. Tourist Services. Ecotourism. General Requirements. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2021. 15 p.
6. Roskachestvo has begun assessing the conformity of tourist trails [Electronic resource]. Official website of Roskachestvo. 2025. July 14. URL: <https://rskrf.ru/news/roskachestvo-pristupilo-k-otsenke-sootvetstviya-turisticheskikh-trop/>
7. GOST R 70585-2022. Tourism and related services. Hiking trails. Trail marking requirements. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2022. 18 p.
8. Korobeynikov E.E., Rakhmanov M.L. Development of requirements for tourist trail classification systems in Russia // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2025. No. 4.
9. Federal Law of April 14, 1995 No. 33-FZ «On Specially Protected Areas» (as amended on December 29, 2025) [Electronic resource]. Garant. URL: <https://base.garant.ru/10107990/>

## Sources

10. Federal Law of June 29, 2015 No. 162-FZ «On Standardization in the Russian Federation» // Collected Legislation of the Russian Federation. 2015. No. 27. Article 3953.
11. Official response to draft federal law No. 934622-8 «On Amendments to the Federal Law «On the Fundamentals of Tourism Activity in the Russian Federation» and to Certain Legislative Acts of the Russian Federation»: letter of the Government of the Russian Federation dated July 8, 2025 No. DG-P44-24908 [Electronic resource]. Garant. URL: <https://base.garant.ru/412366122/>
12. Draft Federal Law No. 934622-8 «On Amendments to the Federal Law «On the Fundamentals of Tourist Activity in the Russian Federation» (as amended, adopted in the first reading) [Electronic resource]. SOZD GAS «Lawmaking». URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/934622-8>
13. Rakhmanov M.L., Korobeynikov E.E. Technologies and Practices for Organizing Tourist Trails and Related Infrastructure: Analytical Report of the ASI. Moscow: Agency for Strategic Initiatives, 2024. 87 p.
14. Rakhmanov M.L., Korobeynikov E.E. Development of Requirements for Classification Systems of Tourist Trails in Russia // Standards and Quality. 2025. No. 3.
15. Strategy for the Development of Tourism in the Russian Federation through 2035 (approved by RF Government Order of September 20, 2019, No. 2129-r) // Collected Legislation of the Russian Federation. 2019. No. 40. Article 5603.



# Страничка ЦСМ



**В** 2026 году ФБУ «Красноярский ЦСМ» (Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Красноярском крае, Республике Хакасия и Республике Тыва») отмечает 100-летний юбилей.

100-летний юбилей - это действительно историческая дата. 100 лет на службе точности и качества! Вековая история Центра — это летопись самоотверженного труда, высочайшего профессионализма и беззаветной преданности делу. Стоя у истоков индустриализации Красноярского края, пережив суровые военные годы и эпохи грандиозных строек, ЦСМ всегда оставался надежным гарантом единства измерений, точности и качества.

Сегодня Красноярский ЦСМ — это современный, динамично развивающийся центр компетенций, оснащенный передовым оборудованием, где трудятся настоящие эксперты. Это мощнейшая интеллектуальная и техническая база, где вековой опыт гармонично сплетается с цифровыми технологиями будущего.

Желаем команде Красноярского ЦСМ долгих лет научного поиска, новых профессиональных побед. Ваша работа — это фундамент технологического суверенитета, безопасности и конкурентоспособности промышленности всего региона. Спасибо вам за верность знаку качества, за то, что держите планку высочайших стандартов в профессии. Счастья, здоровья и тепла каждой семье!

**С юбилеем!**