

# Перспективы стандартизации для развития применения технологий искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности

С. В. Гарбук, Б. М. Позднеев, А. В. Иванов, Е. В. Бабенко

Представлены перспективы стандартизации и применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в целях обеспечения технологической независимости и повышения конкурентоспособности отечественной станкоинструментальной промышленности. Акцентируется внимание на специфике применения технологий искусственного интеллекта для инновационного развития станкостроения, обоснована необходимость разработки национальных стандартов, учитывающих потребности ключевых отраслей машиностроения в высокотехнологичном оборудовании для создания автоматизированных и цифровых производств. Приведены варианты использования технологий искусственного интеллекта в станкоинструментальной отрасли.

**Ключевые слова:**

станкостроительная промышленность, машиностроение, конкурентоспособность, цифровизация, искусственный интеллект, стандартизация

DOI: 10.22184/2499-9407.2024.34.1.34.42

## Введение

Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2025 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2869-р от 5 ноября 2020 года) была разработана в целях повышения конкурентоспособности

и восстановления утраченных позиций российской станкоинструментальной промышленности на внутреннем рынке, а также для последующего формирования и наращивания экспортного потенциала. Станкоинструментальная промышленность обеспечивает оснащение средствами

производства широкий спектр предприятий, выпускающих машиностроительную продукцию как гражданского, так и специального назначения.

В условиях усиления санкционного давления на Российскую Федерацию уровень технологического развития отечественной станкоинструментальной промышленности будет оказывать все большее влияние на уровень развития ключевых отраслей машиностроения и смежных отраслей, определяя уровень технологического суверенитета и темпы развития экономики в целом.

Рассматривая перспективы стратегического развития станкоинструментальной промышленности и решения приоритетных задач в области импортозамещения, обеспечения технологического суверенитета и конкурентоспособности выпускаемой продукции и отрасли в целом, необходимо принимать во внимание:

- возросшие потребности отечественных потребителей к качеству, безопасности и сервисному обслуживанию технологического оборудования;
- изменение структуры импорта и качества металлообрабатывающего оборудования, поставляемого по импорту на российский рынок;
- инновационный характер технологического перевооружения ключевых отраслей машиностроения, связанных с процессами цифровой трансформации и интеллектуализации применяемых систем управления;
- необходимость ускоренной разработки и применения актуальной нормативно-технической базы и стандартов, обеспечивающих создание продукции конкурентоспособного качества для внутреннего и внешнего рынков, с установлением приоритетов на рынки стран ЕАЭС, БРИКС, ШОС и др.;
- обеспечение новых форм цифрового взаимодействия между предприятиями отрасли и зарубежными партнерами для формирования логистических цепочек поставок и создания цепочек добавленной стоимости.

В статье, на основе анализа состояния и перспектив развития станкоинструментальной отрасли, обоснована важность развития процессов стандартизации и представлена информация о текущем статусе разработки нового стандарта по вариантам использования технологий искусственного интеллекта (ИИ) в станкоинструментальной промышленности.

### Задачи искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности

Широкие возможности по применению в станкоинструментальной промышленности технологий ИИ, в том числе основанных на алгоритмах машинного обучения (МО), обуславливаются возможностью эффективного решения задач обработки данных и управления в условиях отсутствия аналитических (полностью интерпретируемых) моделей

таких сложных объектов и процессов, как комплексные производственные процессы организаций станкоинструментальной промышленности с учетом их кооперационных связей, процессы жизненного цикла изделий станкоинструментальной промышленности, технологические процессы, связанные с управлением станочным оборудованием и др.

Используя приведенную в [6] классификацию типовых прикладных задач интеллектуальной обработки информации, могут быть сформулированы следующие основные задачи ИИ при создании и применении станков:

1. обнаружение, локализация и распознавание образов:
  - техническая диагностика и неразрушающий контроль изделий обрабатывающего производства;
  - вибродиагностика;
  - повышение эффективности реализации контрольно-измерительных функций за счет сегментации изображений с выделением обрабатываемых изделий;
  - распознавание объектов при реализации технологий дополненной и смешанной реальности (AR / MR);
  - формирование и предоставление операторам станков контекстно-зависимой справочной информации;
2. категорирование и обобщение, моделирование типовых объектов:
  - моделирование окружающей среды и типовых объектов – изделий, инструмента, оснастки – при проведении виртуальных испытаний станков;
  - моделирование поведения персонала, участвующего в эксплуатации, ТОиР станков;
  - виртуальные испытания станков с моделированием поведения человека-оператора на всех стадиях жизненного цикла;
  - автоматическое извлечение требований из большой совокупности нормативно-технических документов при создании и эксплуатации станков, обобщение требований и проверка их на непротиворечивость;
3. принятие решений на основе предиктивной аналитики, применение цифровых двойников конкретных объектов и процессов на основе моделей МО:
  - адаптивное управление режимами работы станков, оптимизация режимов работы с учетом большого количества сложно учитываемых факторов – внешней среды, характеристик обрабатываемого изделия, параметров используемых инструментов и материалов;
  - обеспечение безопасности объектов управления с использованием принципов предиктивной защиты – принятие решений о допустимости

- реализации управляющих воздействий с учетом их прогнозируемых последствий;
  - моделирование ЖЦ, прогнозирование параметров состояния станков с учетом условий эксплуатации, параметров внешней среды и других существенных факторов, управление ТОиР в процессе эксплуатации станков – техническое обслуживание по состоянию, прогнозирование потока отказов в станках;
  - управление складскими запасами с использованием предиктивных моделей спроса на материалы, компоненты, запасное имущество и приборы, необходимые для эксплуатации станков;
  - повышение точности измерений за счет компенсации воздействия сложно учитываемых факторов внешней среды с использованием моделей МО;
4. навигация, управление движением:
- интерьерная навигация промышленных роботов с использованием изображений окружающих объектов – точное местоопределение с привязкой к изображениям окружающих объектов, в том числе – обрабатываемых изделий;
  - формирование оптимальных траекторий движения промышленных роботов, включая роботы-погрузчики, в помещениях – в цеху, складском помещении и др.;
5. реализация физических воздействий на окружающие объекты: управление станками при работе с жесткими, реконфигурируемыми объектами – динамическое манипулирование:
- контроль регламентированных производственно-технологических операций, выполняемых операторами станков вручную, контроль использования средств индивидуальной защиты – обеспечение качества и безопасности работ, обучение персонала;
  - автоматизированное нормирование и оценка фактических трудозатрат при выполнении ручных операций);
6. социальные коммуникации:
- голосовое и жестовое управление станками; реализация информационно-справочных систем, систем поддержки принятия решений с использованием интерфейса на естественном языке;
  - биометрическая идентификация и аутентификация операторов станков; мониторинг психоэмоционального и функционального состояния операторов станков.

Наряду с высокой универсальностью, системы ИИ на основе алгоритмов машинного обучения обладают такими особенностями, как неполная предсказуемость поведения в реальных условиях эксплуатации (возможность

некорректной работы при определенных, сложно предсказуемых сочетаниях исходных данных и факторах внешней среды), необходимость сравнения качества работы систем ИИ с прикладными функциональными возможностями человека-оператора, обеспечивающего решение задач автоматизации вручную, возможность неконтролируемого возрастания уровня конфиденциальности информации, накапливаемой в ходе эксплуатации систем.

Эти и некоторые другие особенности препятствуют эффективному внедрению технологий ИИ в области станкоинструментальной промышленности. Преодолению этих препятствий способствует, в том числе, разработка специализированных нормативно-технических документов, устанавливающих требования к процессам создания, испытания и применения технологий ИИ.

### О разработке проекта национального стандарта

Во второй половине 2023 года в рамках деятельности ТК 164 «Искусственный интеллект» во взаимодействии с ТК 070 «Станки» и с участием экспертов Ассоциации «Цифровые инновации в машиностроении» разработана первая редакция стандарта «Технологии искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности. Варианты использования». Указанный проект стандарта в настоящее время находится в стадии обсуждения и, по мнению специалистов, имеет важное концептуальное значение перспективного развития станкоинструментальной отрасли на основе цифровой трансформации и интеллектуализации процессов управления.

Целью разработки указанного проекта стандарта является установление области и вариантов использования технологий искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности, являющейся одной из ключевых отраслей машиностроительного комплекса и определяющей уровень технологического суверенитета и развития промышленности в целом. Модернизация и перспективы развития предприятий станкоинструментальной промышленности в значительной степени зависят от уровня цифровой зрелости процессов управления и применения технологий искусственного интеллекта.

Развитие кооперационного взаимодействия в отрасли, характеризующейся наличием большого числа малых и средних предприятий, должно основываться на новых формах цифрового взаимодействия и применении технологий искусственного интеллекта для формирования цепочек поставок без участия человека. Стандарт является основополагающим для комплекса стандартов по технологиям искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности.

Данный стандарт определяет термины, определения и варианты использования технологий искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности.

Требования проекта стандарта распространяются на системы и технологии искусственного интеллекта, применяемые в станкоинструментальной промышленности для решения приоритетных задач в следующих областях:

- прогнозирование развития отрасли и оценка рисков на основе анализа больших данных и машинного обучения;
- руководство и управление предприятиями с использованием систем поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта;
- развитие кооперации предприятий и формирование цепей поставок в автоматизированном режиме на основе многоагентных систем;
- создание автоматизированных систем управления производственными процессами и жизненным циклом продукции с использованием моделей цифровых двойников и методов предиктивной диагностики.

Проект стандарта включает 20 терминов с соответствующими определениями, что позволяет системно представить требования к вариантам использования технологий ИИ с учетом специфики отрасли станкостроения и ее взаимосвязи с инновационным развитием машиностроительного комплекса и смежных отраслей.

В проект документа включено такое важное понятие, как «станкоинструментальная промышленность», что позволило более полно и корректно определить область применения разрабатываемого стандарта. На врезе представлено определение указанного термина с соответствующими примечаниями.

Требования по использованию технологий искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности представлены в двух разделах:

- 4.1. Общие принципы;
- 4.2. Варианты использования технологий искусственного интеллекта.

Общие принципы применения технологий искусственного интеллекта ориентированы на учет специфики отрасли (высокая зависимость от поставщиков комплектующих, дискретный вид и низкая серийность производства, относительно невысокий уровень цифровой зрелости предприятий и применения систем искусственного интеллекта) и необходимость технологического развития и повышения конкурентоспособности отрасли на основе инновационных решений и применения унифицированных систем автоматизации, основанных на искусственном интеллекте и учитывающих требования стандартов.

В разделе 4.2 в качестве вариантов использования технологией искусственного интеллекта определены следующие направления:

- создание экосистемы станкоинструментальной промышленности для обеспечения управления на основе новых форм цифрового взаимодействия предприятий

#### **Станкоинструментальная промышленность:**

базовая отрасль машиностроительного комплекса страны, обеспечивающая производство, поставку и обслуживание широкого спектра средств производства и машин для обрабатывающей промышленности и смежных отраслей.

#### **Примечания:**

1. Станкоинструментальная промышленность производит преимущественно технологическое оборудование, автоматизированные комплексы, автоматические линии, средства технологического оснащения и комплектующие для обработки металлических и неметаллических материалов с использованием различных физических, химических и иных методов воздействия на обрабатываемый материал.
2. В условиях цифровой трансформации промышленности изготавливаемое оборудование и технологические комплексы должны быть оснащены цифровыми датчиками, программируемыми логическими контроллерами (ПЛК), системами числового программного управления (ЧПУ) и средствами автоматизации (промышленные роботы), обеспечивающими функционирование автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и обработку информации о технологическом процессе в реальном времени, в том числе с использованием технологий искусственного интеллекта.
3. Наиболее массовой группой выпускаемой продукции является технологическое оборудование и комплексы для обработки металлов: металлорежущие станки, кузнечно-прессовое оборудование, оборудование для литья и сварки, установки для нагрева металла, установки для упрочняющей обработки (термическая, химико-термическая, термомеханическая), установки для комбинированной обработки (электрохимическая, эрозийная, лазерное спекание, диффузионная сварка) и др.

и систем управления с использованием технологий искусственного интеллекта;

- разработка и применение систем поддержки принятия решений для управления предприятиями и формирования цепочек создания добавленной стоимости в автоматизированном режиме, исключая субъективный подход к принятию ответственных решений;

- разработка и применение импортонезависимых систем управления производственными процессами и жизненным циклом продукции, функционирующих самостоятельно без участия человека;
- создание систем контроля качества выполнения критически важных ручных и автоматизированных операций, функционирующих с использованием технологий искусственного интеллекта.

По каждому направлению в документе определены перечни решаемых задач, специфика применяемых технологий и достигаемого результата.

Необходимо отметить, что представленные в первой редакции стандарта варианты использования и решаемые с применением технологий искусственного интеллекта задачи не являются исчерпывающими. После завершения публичного обсуждения указанного документа и анализа полученных замечаний и рекомендаций будет подготовлена окончательная редакция стандарта. По мнению разработчиков, введение в действие нового стандарта может стать важным импульсом для начала нового этапа технологической модификации и инновационного развития отрасли на основе применения интеллектуальных автоматизированных систем управления и новых форм цифрового взаимодействия как между производителями станкоинструментальной продукции, так и с потребителями и субпоставщиками из других секторов промышленности.

Дальнейшее развитие стандартизации в указанной области будет связано с разработкой обоснованных требований к конкретным объектам и аспектам стандартизации, ориентированным на применение технологий и систем искусственного интеллекта для решения приоритетных отраслевых задач. Успешное развитие этого процесса обуславливает необходимость консолидации усилий всех заинтересованных сторон, базирующуюся на повышении эффективности взаимодействия смежных технических комитетов по стандартизации в области станкостроения, искусственного интеллекта, информационных технологий и цифровой промышленности.

### Состояние и приоритетные задачи развития станкоинструментальной промышленности

Оценивая состояние и приоритетные направления развития отечественного станкостроения необходимо учитывать, что со стороны отечественной промышленности растет спрос на высокотехнологичное современное оборудование, что обусловлено стремительной сменой технологического уклада и глобальной сменой индустриальной парадигмы в сторону комплексной автоматизации и цифровизации производства. В этой связи представляют интерес результаты анализа основных экономических показателей и тенденций развития станкоинструментальной отрасли на основе статистической информации, собранной и обработанной Ассоциацией

производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент» [1].

Отмечено, что в 2020–2022 годах принят ряд новых мер по поддержке станкоинструментальной промышленности, при этом в общей сложности действует около двадцати мер государственной поддержки. За указанный период в целом по отрасли наблюдается существенное изменение финансового состояния, связанное с сокращением внутреннего рынка вследствие снижения импорта на 30–35%. При этом наблюдается рост продукции станкоинструментальной отрасли (2022 г. – 56,0 млрд руб.; 2021 г. – 43,02 млрд руб.), преимущественно за счет производства инструментальной продукции (2022 г. – 32,8 млрд руб.; 2021 г. – 20,52 млрд руб.), а производство продукции станкостроения увеличилось лишь на 0,7 млрд руб.

Весьма показательны данные по изменению импорта металлообрабатывающего оборудования в 2021–2022 годах (млн долл.) по странам. Так суммарная стоимость поставок из Германии, Италии, Тайваня, Южной Кореи и Японии снизилась более, чем в 2 раза – с 556,7 млн долл. до 246,29 млн долл. При этом импорт из Германии сократился в 4 раза, Италии в 2,4 раза, Южной Кореи в 2,2 раза, Японии в 6,2 раза.

Весьма характерны данные об экспорте отечественного металлообрабатывающего оборудования в 2021–2022 годах (млн долл.) по странам. В 2021 году более 60% экспорта приходилось на следующие страны: Индия – 13,32 млн долл., Казахстан – 7,62 млн долл., Беларусь – 6,13 млн долл. и Китай – 3,96 млн долл. В 2022 году ситуация с экспортом коренным образом изменилась, в числе основных потребителей (60%) выступают следующие страны: Бангладеш – 3,69 млн долл., Малайзия – 3,45 млн долл., Мексика – 3,11 млн долл., Турция – 1,65 млн долл., Египет – 1,65 млн долл.

Приведенные данные свидетельствуют о системной проблеме, связанной с низкой конкурентоспособностью продукции станкостроения на внутреннем и внешнем рынке. В этой связи особую актуальность представляет процесс ускоренного пересмотра существующих и разработка новых межгосударственных стандартов [2], содержащих обоснованные и систематизированные требования для производства инновационной продукции [3], применения эффективных процессов ее изготовления, развития и интеграции станкостроения в экосистему цифровой промышленности на национальном и межгосударственном уровне [4, 5].

### Развитие стандартизации в станкоинструментальной промышленности и смежных отраслях

С целью расширения поддержки развития станкоинструментальной промышленности в рамках подготовки и обсуждения соответствующих мер под эгидой Росстандарта с участием опытных отраслевых экспертов была проведена работа по анализу фонда национальных и межгосударственных стандартов, содержащих требования к различным

объектам и аспектам стандартизации, относящимся к станкоинструментальной промышленности. В результате установлено, что общий фонд составляет более 2800 стандартов, при этом средний возраст стандартов превышает 20 лет. На рис. 1 представлена структура технических комитетов (43 ТК), к тематике которых относится указанный фонд стандартов. Технические комитеты распределены по четырем группам, названия которых в укрупненном виде отражают направления стандартизации.

Учитывая, что в рамках формируемых мер поддержки планируется до 2030 года разработать, пересмотреть и проверить актуальность порядка 1000 стандартов, в ближайшее время предстоит обширная работа по систематизации существующего фонда и организации работ по стандартизации в данной сфере.

Исходя из высокого уровня конкуренции и динамики развития требований к инновационной продукции станкостроения, представляется важным своевременное обоснование и стандартизация требований к перспективным изделиям станкостроения. В этой связи следует особое внимание уделить стандартизации требований к объектам, закрепленным за первой группой ТК: информационные технологии, искусственный интеллект, системы управления. Стандартизация требований к широкой группе объектов с учетом специфики их применения в станкостроении позволит не только повысить уровень цифровой зрелости процессов производства, но и обеспечить высокий уровень интеграции создаваемых технологических комплексов и автоматических линий в структуру цифровых предприятий и умных производств.

В настоящее время ведется активная работа по созданию новой системы стандартов в цифровой промышленности, что стало возможным благодаря консолидации деятельности шестнадцати технических комитетов, объединившихся в Координационный Совет председателей национальных и межгосударственных ТК по стандартизации в области цифрового развития (КССЦР). Координационный Совет создан в 2020 году по согласованию с заместителем руководителя Росстандарта А. П. Шалаевым (в настоящее время руководитель Росстандарта) и функционирует в составе Комитета РСПП по промышленной политике и техническому регулированию.

На рис. 2 представлена структура технических комитетов, являющихся членами КССЦР. Как видно, в настоящее время целый ряд членов КССЦР обеспечивает разработку стандартов для развития станкостроения, и, в перспективе, этот список может быть расширен. В настоящее время уже разработано более 40 стандартов для развития цифровой промышленности, в рамках перспективной программы к 2026 году система стандартов будет включать не менее 110 национальных и межгосударственных стандартов.

В аспекте стратегического развития станкоинструментальной отрасли важное значение имеет разработка

стандартов в области искусственного интеллекта и применения технологий искусственного интеллекта для решения отраслевых задач. В настоящее время существует значительное количество исследований, подтверждающих эффективное применение возможностей искусственного интеллекта для решения практических задач в научно-технической сфере и промышленности [6–12].

Поскольку эффект от применения искусственного интеллекта во многом зависит от качества и правильной интерпретации используемых данных, стандартизация типов данных, форм и информационных моделей имеет решающее значение для принятия и успешного внедрения данных технологий [13]. Семантическая совместимость и стандартизированные онтологии становятся ключевыми элементами для обеспечения согласованности и однородности реализаций технологий искусственного интеллекта. Поэтому одной из задач по стандартизации в данной сфере является разработка и унификация вариантов использования искусственного интеллекта во взаимодействии в заинтересованными лицами и в первую очередь – профильными техническими комитетами.

Другой важной задачей стандартизации в сфере искусственного интеллекта является разработка эталонной архитектуры с согласованными интерфейсами, которая позволит разработчикам программного и аппаратного обеспечения позиционировать свои продукты в экосистеме и способствовать взаимодействию между компонентами и подсистемами.

Одновременно актуальной задачей является анализ возможностей и направлений развития оценки соответствия технологий искусственного интеллекта. Исходя из того, что данные технологии создают определенные угрозы в области

### Технические комитеты

- Информационные технологии, искусственный интеллект, системы управления (ТК 022, ТК 164, ТК 194, ТК 306, ТК 379, ТК 439, ТК 459, ТК 700)
- Технологии, оборудование, инструмент, комплектующие (ТК 019, ТК 030, ТК 070, ТК 095, ТК 113, ТК 141, ТК 142, ТК 182, ТК 218, ТК 245, ТК 249, ТК 262, ТК 307, ТК 333, ТК 351, ТК 419)
- Обеспечение единства измерений, контроль технического состояния (ТК 053, ТК 058, ТК 072, ТК 132, ТК 183, ТК 201, ТК 227, ТК 251, ТК 274, ТК 286, ТК 296, ТК 320, ТК 331, ТК 341, ТК 371)
- Каталогизация, поддержка жизненного цикла, оценка соответствия продукции (ТК 079, ТК 125, ТК 430, ТК 482)

Рис. 1. Структура технических комитетов по стандартизации в области станкоинструментальной промышленности



Рис. 2. Структура КССЦР

этики, безопасности и функциональной корректности, ожидается, что оценка соответствия алгоритмов искусственного интеллекта, а также продуктов и услуг, использующих их, будет востребована.

Учитывая это, в 2020 году в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект» была разработана и утверждена совместно с Минэкономразвития России и Росстандартом Перспективная программа стандартизации в области приоритетного направления «Искусственный интеллект» на 2021–2024 годы. Она предусматривает разработку в течение четырех лет системы стандартов, включающей 217 документов.

На рис. 3 представлена структура системы стандартов в области искусственного интеллекта, в которой выделены три основные группы стандартов. Следует отметить среднюю группу – «стандарты в области прикладных систем ИИ в конкретных отраслях экономики и социальной сферы», включающую три подгруппы:

- термины и определения;
- основные положения;
- функциональные подсистемы ИИ.

Соответственно, последняя подгруппа будет включать:

- варианты использования и состав;
- общие требования;
- требования к испытанию частных алгоритмов ИИ.

В настоящее время в рамках ПНС 2023 уже разработаны первые редакции национальных стандартов, содержащих требования к вариантам использования технологий искусственного интеллекта в станкоинструментальной промышленности.

### Литература

1. **Самодуров Г. В., Лахтюков Д. В.** Станкоинструментальная отрасль России в 2022 году: цифры и факты // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2023. № 2 (031). С. 40–46.
2. **Шалаев А. П.** Цифровому производству нужны умные стандарты // Connect. Мир информационных технологий. 2021. № 1–2. М.: ООО «ИД КОННЕКТ», 2021. С. 4–10.
3. **Кузнецов А. П.** Классификация технологий, оборудования и металлорежущих станков. Эволюция и развитие // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2023. № 2 (031). С. 50–72.
4. **Позднеев Б. М., Никитин Д. В., Бабенко Е. В.** Перспективы развития и интеграции станкостроения в экосистему цифровой промышленности // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2023. № 2 (031). С. 50–72.
5. **Позднеев Б. М.** Цифровые инновации – основа формирования нового облика отечественного машиностроения // Стандарты и качество. Международный журнал для специалистов по стандартизации и управлению качеством. 2021. № 3 (1005). С. 50–52.

# ЦИФРОВАЯ ИНДУСТРИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РОССИИ

Девятая  
ежегодная  
конференция



22 ————— 24 МАЯ

Нижний Новгород,  
Нижегородская ярмарка



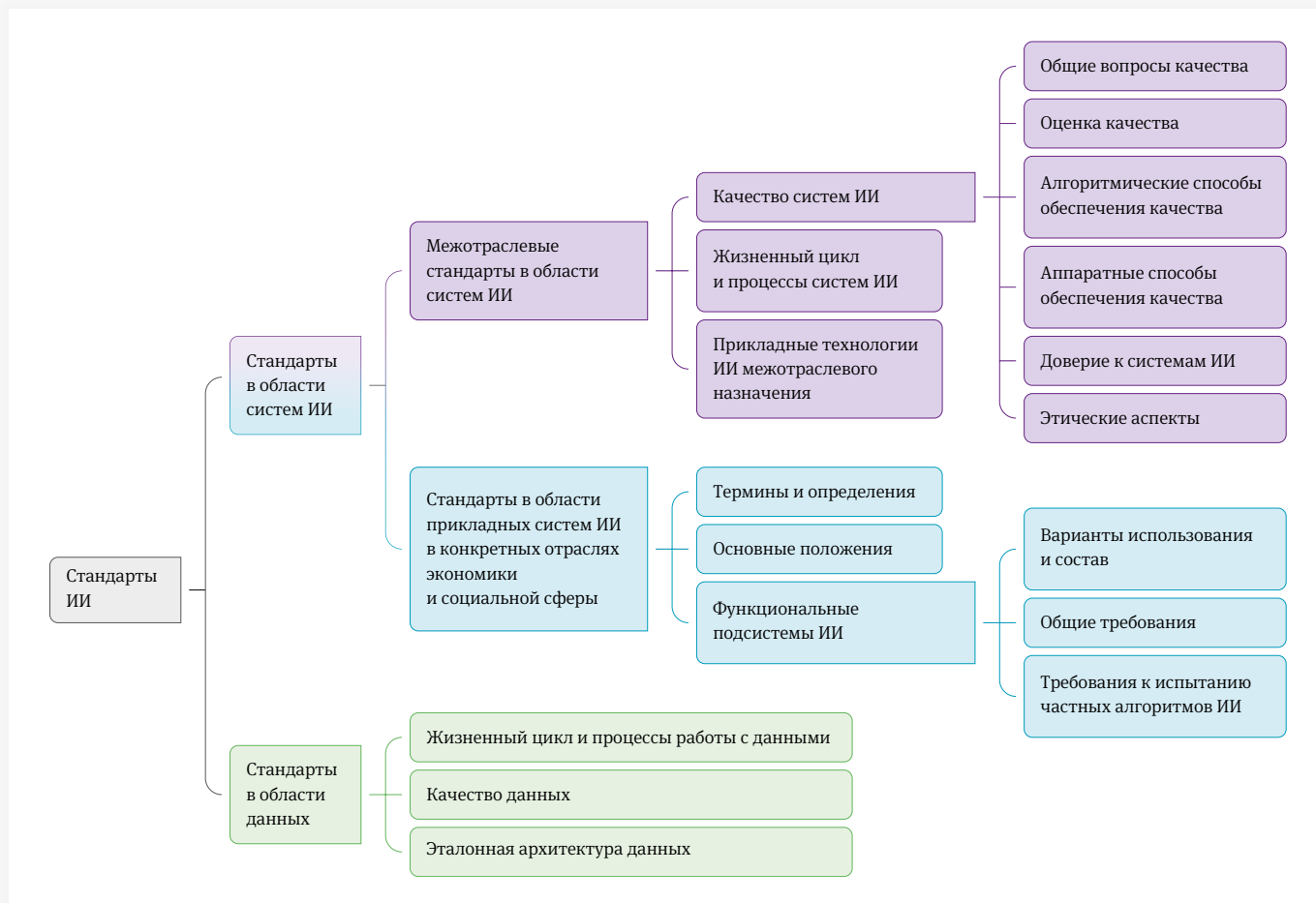


Рис. 3. Структура системы стандартов в области искусственного интеллекта [11]

6. **Гарбук С. В., Губинский А. М.** Искусственный интеллект в ведущих странах мира: стратегия развития и военное применение. М.: Знание, 2020. 590 с.
7. **Дозэрти П., Уилсон Д.** Человек + Машина. Новые принципы работы в эпоху искусственного интеллекта / Пер. с англ. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. 304 с.
8. **Мошелла Д.** Путеводитель по цифровому будущему: Отрасли, организации и профессии. М.: Альпина Паблишер, 2020. 215 с.
9. **Гарбук С. В.** Интеллектуальные технологии вместо человека: оценка соответствия. Открытые системы. 2018. № 2. С. 18–20.
10. **Гарбук С. В.** Применение интеллектуальных систем контроля ручных операций при изготовлении и эксплуатации высокотехнологичной продукции // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2018. № 4 (013). С. 82–84.
11. **Гарбук С. В., Шалаев А. П.** Перспективная структура национальных стандартов в области искусственного интеллекта // Стандарты и качество. 2021. № 10 (1012). С. 26–33.
12. **Гарбук С. В.** Цифровое производство в контексте Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Сборник докладов VI Международного форума «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса». М.: Connect (2017): 48–49.
13. International Electrotechnical Commission (IEC). White paper. Artificial intelligence across industries (<https://www.iec.ch/basecamp/artificial-intelligence-across-industries>) – С. 79–82.

### Авторы

**Гарбук Сергей Владимирович** – кандидат технических наук, председатель ТК 164 «Искусственный интеллект», директор по научным проектам НИУ «Высшая школа экономики»

**Позднеев Борис Михайлович** – доктор технических наук, председатель Правления Ассоциации «Цифровые инновации в машиностроении», профессор

**Иванов Алексей Владимирович** – заместитель генерального директора ФГБУ «Институт стандартизации»

**Бабенко Евгения Васильевна** – исполнительный директор Ассоциации «Цифровые инновации в машиностроении»



# ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



А.Р. Маслов

## Технологии производства микродеталей

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2023. – 236 с.  
ISBN 978-5-94836-664-7

Цена 1188 руб.

В книге представлены основные элементы технологии микрообработки (Microproduction) деталей машиностроительного производства, медицинской техники и инструментария, радиотехники, электроники и оптических систем.

Дано описание основных видов оборудования с использованием многоцелевых станков с ЧПУ для обработки резанием заготовок микродеталей из основных применяемых конструкционных материалов. Даны сведения о получении микроизделий и малоразмерных деталей литьем и методами аддитивных технологий.

Приведены сведения об инструментарии и методах диагностирования состояния технологических процессов микрообработки. Дано представление о современных способах повышения надежности технологических систем путем нанесения износостойких и антифрикционных покрытий методами вакуумно-плазменных технологий.

Приведены сведения об инструментальных системах и средствах инструментального обеспечения, повышающих эффективность микрообработки. Дан обзор средств измерения микродеталей и способов исследования поверхностных структур в наноразмерном диапазоне.

Пособие предназначено для будущих инженеров, обучающихся по направлению подготовки 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» и будущих магистров науки и технологий, обучающихся по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование».

### Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91  
По факсу: (495) 956-33-46  
E-mail: [knigi@technosphaera.ru](mailto:knigi@technosphaera.ru)  
[sales@technosphaera.ru](mailto:sales@technosphaera.ru)

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ  
[www.technosphaera.ru](http://www.technosphaera.ru)