

## **Автоматизированное проектирование технологии изготовления деталей типа «Крышка цилиндра» с использованием робототехнических комплексов**

**Автор:** Родин М.Ю.

**Научный руководитель:** Лунев А.Н.

**Учреждение:** КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

**Дата:** Июнь 2025

**Аннотация.** В работе представлен комплексный подход к автоматизации проектирования и производства деталей авиационного назначения на примере «Крышки цилиндра». Разработан полный технологический процесс для среднесерийного производства, включающий выбор и обоснование заготовки (поковка из сплава АК6), проектирование операций механической обработки на двухшпиндельном токарно-фрезерном центре с ЧПУ TAKISAWA EX-910, а также интеграцию в роботизированный технологический комплекс (РТК) на базе промышленного робота KUKA KR 8 R2010-2. Особое внимание уделено методике размерного анализа с использованием теории размерных цепей вероятностным методом, что позволило оптимизировать припуски и повысить коэффициент использования материала. Управляющие программы разработаны в двух средах: CNC-системе Sinumerik 840D (для демонстрации низкоуровневого программирования) и современной CAD/CAM-системе Siemens NX (для сквозного автоматизированного проектирования). Проведено нормирование операций, расчет траекторий и производительности РТК.

### **Ключевые результаты:**

1. **Технологический процесс:** Разработан и полностью оформлен технологический процесс изготовления детали, включающий маршрутную и операционную технологии, подбор инструмента и расчет режимов резания с использованием ПО Sandvik ToolGuide.
2. **Оптимизация заготовки:** Методом размерных цепей обоснован выбор поковки вместо проката, что повысило коэффициент использования материала с 0,15 до 0,30.
3. **Проектирование автоматизированного комплекса:** Спроектирована компоновка РТК с кольцевой схемой размещения оборудования. Рассчитаны траектории, скорости позиционирования робота и построена циклограмма, определяющая цикловую производительность комплекса в **14 деталей/час**.
4. **Разработка управляющих программ (УП):** Созданы УП для чистовой и черновой обработки на станке с ЧПУ двумя методами: прямым программированием G-кодов в Sinumerik 840D и автоматизированной генерацией в CAM-системе NX. Проведена симуляция обработки для верификации УП.
5. **Интеграция и оценка эффективности:** Определены коэффициенты загрузки оборудования (робота — 0,07, станка — 0,93), подтверждающие сбалансированность комплекса и потенциал для увеличения производительности.

**Выводы и значимость.** Работа демонстрирует полный цикл перехода от конструкторской документации к готовому решению для автоматизированного производства. Предложенная методика, сочетающая классические подходы технологического проектирования с современными средствами автоматизации (CAD/CAM, робототехника), позволяет существенно сократить время технологической подготовки, повысить точность, воспроизводимость и экономическую эффективность изготовления сложных деталей в среднесерийном производстве. Полученные результаты являются тиражируемой основой для создания гибких автоматизированных ячеек для обработки корпусных деталей типа тел вращения в авиа- и машиностроении.