

УДК 621.002:004+621.9.06.

**КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ  
ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**© 2012 К. В. Хрустицкий<sup>1</sup>, А. А. Черепашков<sup>2</sup><sup>1</sup>Вольский механический завод<sup>2</sup>Самарский государственный технический университет

Обосновывается и описывается разработка комплексной системы автоматизированного проектирования адаптивных технологических процессов механической обработки на станках с числовым программным управлением и управления производством корпусных деталей транспортных машин.

*САПР, адаптивные технологические процессы, механическая обработка на станках с ЧПУ.*

Для обеспечения эффективности технического перевооружения ОАО «Вольский механический завод» (ВМЗ) была поставлена задача разработки и внедрения комплексной автоматизированной системы проектирования и управления процессами механообработки корпусных деталей специальных транспортных машин. Конструктивными особенностями подобных изделий является то, что базовые корпусные детали выполняют функцию силового каркаса, несущего комплексные устройства, размещенные на транспортном шасси. При этом корпуса приводных и приборных исполнительных механизмов, корпусные изделия электронных и электронно-механических блоков в значительной степени обеспечивают штатное функционирование сопряжённых с ними исполнительных устройств. Таким образом, от качества изготовления корпусных деталей специальной транспортной машины напрямую зависит надёжность и точность функционирования главных исполнительных и аппаратных средств всего изделия.

Автоматизация технологической подготовки производства (ТПП) и процессов изготовления корпусных деталей с использованием многофункциональных обрабатывающих центров (ОЦ с ЧПУ) для механообрабатывающего производства ВМЗ имеет первоочередное значение, так как эти детали имеют наибольшую трудоёмкость и сложность в изготовлении, требуют значительных затрат времени на переналадку оборудования. Одними из самых проблематичных в изготовлении

являются корпусные детали, обладающие большими габаритными размерами и, соответственно, деформациями, обусловленными их относительно невысокой жёсткостью.

Для решения поставленной задачи решено было использовать концепцию адаптивной технологии механообработки [1] требующей совместного использования операций резания и измерений. В свою очередь для создания управляющих программ адаптивной обработки на ОЦ с ЧПУ потребовалось связать технологии компьютерного проектирования конструкций и технологических процессов (CAD/CAPP) и управления обрабатывающим и измерительным цифровым оборудованием (CAM/CAI). В результате была разработана уникальная система автоматизации технологического проектирования и производства корпусных деталей, объединяющая воедино комплексы CAD/CAPP и CAM/CAI-технологий и систем (рис.1).

Изучение известных решений автоматизации аналогичных производств показало, что маршрутные технологические процессы (ТП), управляющие программы (УП) обработки и измерений для станков с ЧПУ, как правило, разрабатываются отдельно в различных программных комплексах на локальных автоматизированных рабочих местах (АРМ) специалистами узкого направления. Это не обеспечивает необходимый уровень интеграции частных технологий автоматизации и не позволяет использовать

в полной мере возможности современного технологического оборудования с прогрессивными системами ЧПУ.

Предлагаемые ведущими производителями измерительные аппаратные средства для ОЦ с ЧПУ дают возможность проводить измерения непосредственно на обрабатывающем оборудовании. С использованием этих устройств можно достаточно эффективно производить оцифровку размеров, форм и взаимного расположения поверхностей с точностью, близкой к измерениям, ранее получаемым только на стационарных координатно-измерительных машинах (КИМ). Совмещение механической обработки и измерений в одной программе позволяет существенно сократить общую длительность цикла изготовления, и, что самое важное, резко повысить точность и безошибочность выдерживания размеров с жёсткими допусками.

В большинстве предлагаемых на рынке коммерческих САПР-ТП применяются методики прямого проектирования ТП «по аналогам», которые основаны на использовании типовых решений для определённых классов деталей. Но при этом остаётся очень низким уровень автоматизации проектирования технологических процессов для новых нетиповых, единичных и уникальных конструкций деталей.

Проведённые опытные разработки показали, что проектирование адаптивного технологического процесса может быть в определённой мере формализовано и автоматизировано за счёт комбинированного использования модульных принципов описания типовых конструктивно-технологических элементов [2] при формировании не только операций обработки, но и измерений.

Совершенствование методики и повышение эффективности автоматизированного технологического проектирования в комплексной системе удалось осуществить за счёт модернизации и программной интеграции прикладных подсистем и технологий автоматизации, обеспечивающих компьютерную поддержку всех этапов технологической подготовки производства корпусных деталей. При этом

один универсальный специалист (технолог-программист) в среде АСТПП реализует всю цепочку технологического проектирования и разработки управляющих программ адаптивной обработки на ОЦ с ЧПУ, оснащённых измерительным оборудованием.

Комплексная программно-аппаратная система производства корпусных деталей, внедрённая на ВМЗ, включает интегрированный комплекс технических и информационных средств для автоматизированного проектирования основных этапов ТПП (АСТПП), оборудование для автоматизированного производства сложных пространственных конструкций и комплекс контрольно-измерительных средств.

В АСТПП ВМЗ интегрированы современная CAD/CAM-система FeatureCAM (фирма DELCAM, Великобритания) и ряд собственных разработок, выполненных на ВМЗ. FeatureCAM представляет собой профессиональный, но при этом достаточно гибкий программный пакет. Прикладной программный интерфейс (API) позволяет создавать авторские программные модули с новыми конструкторско-технологическими элементами, библиотеки нормализованных и специальных инструментов, программные методики расчётов. Таким образом, АСТПП ВМЗ была дополнена авторскими подсистемами для автоматизированных технологических измерений САИТ [1] и для автоматизированной разработки операционных техпроцессов одновременно с разработкой управляющих программ для ОЦ с ЧПУ [2]. Пополняемая база данных, сформированная на основании перечня используемых на предприятии инструментов таких фирм как Sandvik Coromant, Seko, Mitsubishi, позволила автоматизировать выбор необходимых режущих инструментов и определение режимов их работы.

Ключевым элементом разработки является реализация информационной технологии программного базирования заготовок корпусных деталей на ОЦ с ЧПУ, позволяющая производить корректировку положения конструкторских и технологических баз относительно фактического положения заготовки и её

элементов, измеряемых в процессе обработки.

Программное базирование отличается от традиционных методов базирования (придания заготовке требуемого положения относительно элементов станка [2,3]) тем, что решается обратная задача - программной коррекции положения основных осей обработки станка с ЧПУ относительно координат базовых точек, измеренных на поверхности заготовки корпуса. При этом допускается относительно грубая установка заготовки на столе станка, но требуется обеспечение на станке возможностей многоосевой отработки (3-6 осей) и наличия достаточно точных встроенных цифровых средств измерений.

Программное базирование целесообразно осуществлять от основных или вспомогательных конструкторских баз обрабатываемых деталей, что позволяет исключить погрешности базирования в приспособлении, погрешности от смены баз, погрешности обработки технологических баз. Алгоритмами, заложенными в специальной программе, обеспечивается равномерное распределение допускаемых отклонений необрабатываемых поверхностей относительно обрабатываемых, сохранение симметричности элементов заготовки, равномерность толщин стенок, фланцев и других элементов при изготовлении габаритных и геометрически сложных конструкций корпусов.

Автоматизированное программное базирование осуществляется на

многофункциональных станках с ЧПУ по управляющей программе (УП) для технологических измерений, генерируемой в авторском приложении САИТ [3]. Блок УП для измерений входит в состав общей УП изготовления детали (включая ряд видов обработки [4]), осуществляемого на станке с ЧПУ, оснащённом современными системами измерений (например, Renishaw).

Наиболее близким аналогом рассматриваемой адаптивной обработки сложных контуров поверхностей является способ, использованный за рубежом для механообработки деталей оперения истребителя Eurofighter Typhoon [5]. Недостатком указанного аналога является сравнительно большой объём расчётной информации для отдельных управляющих программ обработки и измерений, выполняемых в трёх отдельных системах. При этом процесс измерений и обработки не является непрерывным и требует участия человека для оценки и внесения коррекций в УП обработки, а производительность изготовления не изменяется.

Комплексная система АСТПП ВМЗ позволяет существенно повысить уровень автоматизации ТПП. Разработанная адаптивная технология отличается от известных аналогов последовательностью и содержанием операций технологического процесса, предусматривающего выполнение программного базирования, обработки и измерений по специальной программе, проектируемой по оригинальным алгоритмам в АСТПП ВМЗ.

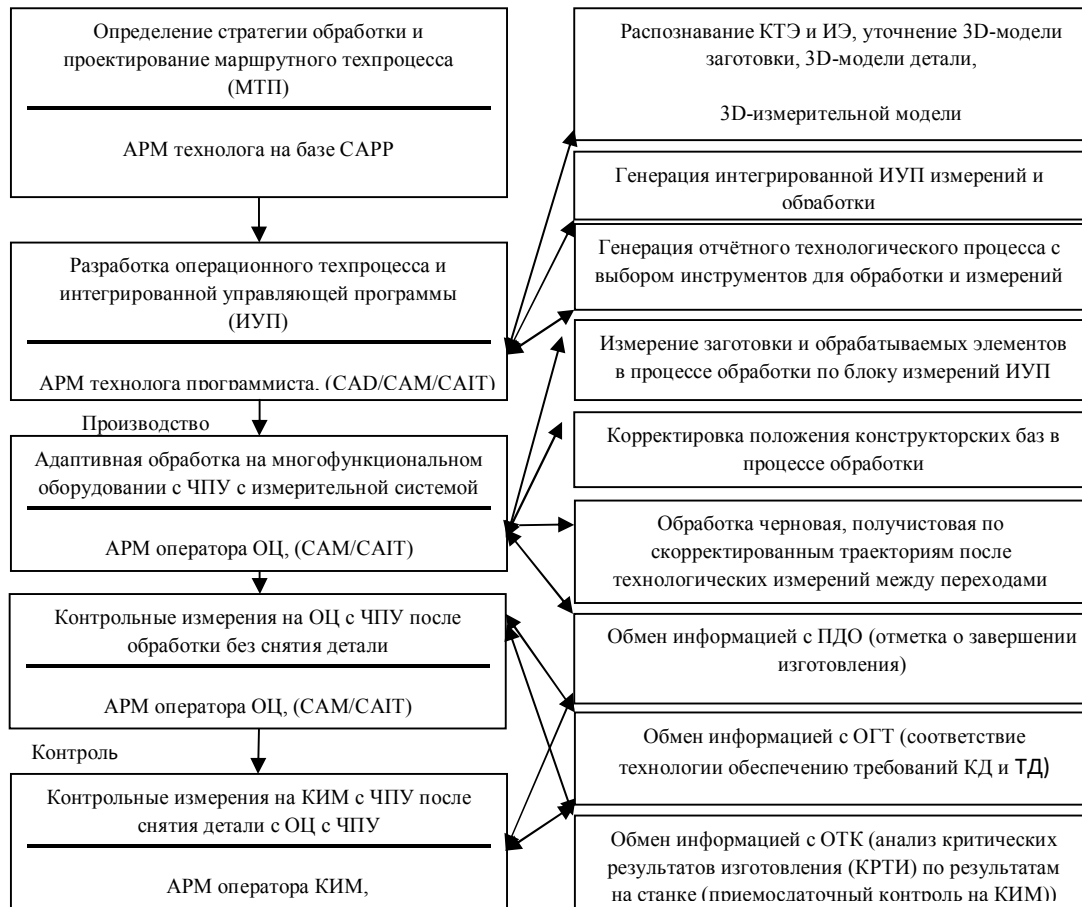


Рис. 1. Функциональная схема комплексной АСТПП ВМЗ

Исследования, проведённые в процессе реального производства, показали, что разработанные в среде АСТПП ВМЗ УП адаптивной механической обработки корпусных деталей на многофункциональных обрабатывающих центрах с ЧПУ, оснащённых цифровыми измерительными устройствами, обеспечивают заданные показатели качества изделий при существенном сокращении сроков ТПП и станочного времени.

#### Библиографический список

1. Адаптивное управление станками. Под ред. Б. С. Балакшина, М.: Машиностроение, 1973 - 688.

2. Базров, Б.М. Модульная технология в машиностроении [Текст] / Б.М. Базров - М.: Машиностроение, 2001.- 368 с.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы Avanpost Probing №2012612241 от 29.02.2012г.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы Avanpost CAM Report №2012612242 от 29.02.2012г.

5. Применение технологии адаптивной обработки при производстве истребителя Eurofighter Typhoon // САПР и графика, №11, 2010. - с.88-89.

## COMPLEX AUTOMATION OF PROCESS PLANING AND NUMERIC CONTROL OF MECHANICAL PROCESSING OF HULLS DETAILS

© 2012 K. V. Khrustitskiy<sup>1</sup>, A. A. Cherepashkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Volsky mechanical plant

<sup>2</sup>Samara State Technical University

In article is discussed development of the complex system computer aided design adaptive technological processes and numeric control of the mechanical processing of the details of the transport machines.

*CAD/CAM -systems, adaptive technological processes, numeric control.*

### **Информация об авторах**

**Хрустицкий Кирилл Владимирович**, начальник бюро станков с ЧПУ, Вольский механический завод. E-mail: [muscapp@gmail.com](mailto:muscapp@gmail.com). Область научных интересов: машиностроение, станки с ЧПУ, компьютерные технологии, автоматизация проектирования.

**Черепашков Андрей Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», Самарский государственный технический университет. E-mail: [Cher-mail@mail.ru](mailto:Cher-mail@mail.ru). Область научных интересов: автоматизация проектирования, CALS/ИПИ/PLM - технологии.

**Khrustitskiy Kirill Vladimirovich**, Chief agency tool with NC, Volsky mechanical plant. E-mail: [muscapp@gmail.com](mailto:muscapp@gmail.com). Area of research: machine building tool with NC, CAD/CAM - systems.

**Cherepashkov Andrey Aleksandrovich**, PhD, associate Professor at the “Machine Building Technology” Department, Samara State Technical University. E-mail: [Cher-mail@mail.ru](mailto:Cher-mail@mail.ru). Area of research: CAD/CAM/CAE/PLM - systems.