

МАШИНОВЕДЕНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 658.512

DOI 10.52928/2070-1616-2026-55-3-2-11

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК
ДЛЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА НЕКРУГЛЫХ ДЕТАЛЕЙ
НА ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ

д-р техн. наук, проф. Н.Н. ПОПОК

(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

канд. техн. наук, доц. Н.В. БЕЛЯКОВ, Ю.Е. МАХАРИНСКИЙ, М.А. ЯКУШЕВ, А.П. СТАНКЕВИЧ
(Витебский государственный технологический университет)

Предложена принципиальная алгоритмическая модель проектного базирования для решения задачи автоматизированного синтеза систем координат WCS (Work Coordinate System), а также определения состава установочных и установочно-зажимных элементов станочных приспособлений для обеспечения точности расположения конструктивных элементов оригинальных некруглых деталей сложной формы в серийном машиностроительном производстве на фрезерных обрабатывающих центрах. Алгоритмическая модель включает ряд вспомогательных алгоритмов: построения модели структуры геометрических связей модулей функциональных поверхностей заготовок на операции обработки; определения базовых поверхностей; идентификации состава баз ориентации; определения приоритета в обеспечении допусков; привязки геометрических связей к элементам состава баз (формируется WCS); определения состава установочных и (или) установочно-зажимных элементов модели базирования. Описано программное обеспечение, реализующее указанные алгоритмы.

Ключевые слова: базирование, некруглые детали, обрабатывающий центр, система координат, MCS (Machine Coordinate System), WCS (Work Coordinate System), CAFD (Computer-Aided Fixture Design), алгоритмическое обеспечение, схема базирования, схема установки, станочное приспособление.

Введение. В номенклатуре деталей, применяемых в машиностроении, до 20% составляют оригинальные некруглые (не относящиеся к классу тел вращения) детали. Это такие детали, как корпуса, коробки, станины, основания, кронштейны, стойки, рычаги и т.п. Они состоят из разнообразных конструктивных элементов, различным образом сориентированных в пространстве. Характерным для них являются высокие требования к показателям точности расположения элементов конструкции. В том случае, если заданная точность допусков расположения не обеспечена, то деталь неизбежно перейдет в неустранимый брак. Большое влияние на обеспечение точности расположения при обработке на металлорежущих станках оказывает базирование заготовок.

Для механической обработки заготовок некруглых деталей все более широкое применение находят фрезерные обрабатывающие центры (ОЦ). Анализ каталогов станочного оборудования, а также опыта работы машиностроительных предприятий сводит многообразие ОЦ к двум принципиальным видам: с горизонтальным НМС (Horizontal Machining Center) и вертикальным ВМС (Vertical Machining Center) шпинделем. ОЦ отличаются широким разнообразием компоновочных решений, регламентированных ГОСТ Р ИСО 10791-1-2009. Важнейшее значение для вопросов базирования имеет то, что независимо от компоновки ОЦ применяется единая система обозначений координат MCS (Machine Coordinate System (ноль станка)) [1; 2].

Анализ методов базирования заготовок некруглых деталей показывает, что их установка в рабочей зоне фрезерных ОЦ для всех компоновочных решений осуществляется: непосредственно на поверхность стола станка с использованием универсальных опор и упоров; на поверхности установочных и (или) установочно-зажимных поверхностей станочных приспособлений [3–5].

Для обеспечения точности расположения конструктивных элементов одной из важнейших задач при проектировании моделей базирования заготовок на фрезерных ОЦ является определение положения системы рабочих координат WCS (Work Coordinate System (ноля детали)) относительно системы координат MCS [6–9].

Проведенный анализ информационных источников показывает, что определение ориентации WCS относительно MCS может осуществляться двумя методами: виртуальным базированием (базированием с использованием систем измерений); базированием относительно простых движений подач (направляющих).

Ориентация WCS относительно системы координат станка при виртуальном базировании осуществляется на основе OMV-технологии (от англ. on-machine verification). Процесс происходит с помощью выполнения замеров положения заготовки непосредственно на станке с помощью систем щупов и датчиков (в перспективе индуктивных, лазерных, интерферометрических и триангуляционных измерительных систем). Далее при специальном управлении станком, обеспечивающем перемещения за счет сложных движений подач, возможно производить обработку конструктивных элементов вне зависимости от их ориентации относительно направляющих станка [10–13].

Метод виртуального базирования находит применение в единичном и мелкосерийном производстве. В случае использования этого метода для обработки партий заготовок в серийном производстве значительно увеличивается вспомогательное время, связанное с процедурой измерения, и, как следствие, снижается производительность; повышаются требования к квалификации операторов; снижаются качество обработанных поверхностей, а также точность формы и расположения конструктивных элементов вследствие необходимости совмещения подач; повышается себестоимость изготовления заготовок за счет необходимости использования дополнительно оснастки и программного обеспечения.

Если оси WCS не являются параллельными (перпендикулярными) по отношению к осям MCS, то при обработке с использованием простых движений подач (вдоль направляющих) на точность линейных и угловых размеров, а также допусков расположения поверхностей существенное влияние будут оказывать углы поворота осей указанных систем координат друг относительно друга. Установлено, что ориентация осей WCS относительно простых движений подач и координат станка MCS при базировании партий заготовок может осуществляться двумя способами:

- выверкой положения установочных элементов относительно простых подач (при базировании заготовки непосредственно на стол станка или в приспособлении). При этом используются эталонные плоскопараллельные концевые меры и угольники, а также средства измерения (как правило, индикаторы);
- за счет использования системы базирующих (установочных) элементов станочных приспособлений, соответствующих посадочным местам станков или спутников и обеспечивающих их точное положение на столе или спутнике (при базировании заготовки в приспособлении и (или) спутнике).

При использовании системы базирующих (установочных) элементов станочных приспособлений или спутников при их проектировании формируется установочная система координат, положение которой в свою очередь задается относительно системы координат приспособления. Система координат приспособления привязывается к системе координат стола станка и MCS.

Для реализации положения системы координат приспособления относительно системы координат стола могут применяться такие варианты ориентации приспособления, как: с помощью цилиндрического пальца по отверстию и пальца (или шпонки) по продольному пазу (если на столе станка имеются центральное отверстие и продольные пазы); по угольнику в координатный угол (при наличии на столе станка продольных пазов); с помощью установочных шпонок или пальцев (при наличии на столе станка продольных пазов и центрального поперечного пазы); с помощью системы Zero Point (для различных столов).

Суть системы Zero Point заключается в том, что к системе координат станочного приспособления привязывается система координат, заданная относительно стола станка. Начало этой системы координат и называется «нулевая точка». Особую эффективность такие системы показывают для многономенклатурного мелко- и средне-серийного производства (High-Mix Low-Volume), когда становится возможным вне станка произвести установку заготовки и привязать ее систему координат к системе координат станка [14; 15].

Установлено, что важнейшее значение при базировании партий заготовок имеет положение WCS относительно опорной (установочной) системы координат (привязанной к установочным элементам). При этом желательно совместить опорную систему координат с WCS, чтобы не создавать условия для возникновения погрешности схемы установки – меры несовпадения опорной системы координат и WCS. Причиной возникновения погрешности схемы установки являются погрешности размеров объекта производства, которые получены на этапах обработки, предшествующих рассматриваемому. Формирование WCS, а также ее ориентация относительно установочной системы координат должно осуществляться на этапе проектного базирования. При проектном базировании необходимо минимизировать погрешность схемы установки как меры несовпадения установочной системы координат и системы координат заготовки детали [16; 17].

Сократить трудоемкость проектирования в десятки раз и повысить качество проектных работ позволяет их автоматизация [18–20]. Однако анализ информационных источников и опыта работы технологических бюро машиностроительных предприятий, специализирующихся на серийном выпуске некруглых деталей, не выявил формализованных методик формирования WCS. В информационных источниках лишь приводятся общие рекомендации, заключающиеся в необходимости использовать в качестве ноля детали верхних, доступных для инструмента, поверхностей, поверхностей заготовки, сопрягаемых с неподвижными поверхностями приспособлений или опорными элементами [6–9]. Процедуры синтеза вариантов схем базирования, составов установочных и установочно-зажимных элементов станочных приспособлений для обеспечения точности расположения элементов конструкции для механической обработки партий заготовок оригинальных некруглых деталей сложной формы на фрезерных обрабатывающих центрах являются недостаточно алгоритмизированными, и, как следствие, отсутствуют автоматические средства их проведения, а также автоматические системы проектирования станочных приспособлений (CAFD-системы (Computer-aided fixture Design)).

Поэтому целью работы является разработка системы автоматизированного синтеза схем установки партий заготовок для обеспечения точности расположения конструктивных элементов оригинальных некруглых деталей сложной формы в субтрактивном машиностроительном производстве на фрезерных обрабатывающих центрах.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены задачи по разработке алгоритмического и программного обеспечения указанной системы автоматизированного синтеза.

Основная часть. Для решения задачи автоматизированного формирования WCS, а также определения состава установочных и установочно-зажимных элементов приспособлений для обеспечения точности расположения конструктивных элементов оригинальных некруглых деталей сложной формы в субтрактивном машиностроительном производстве на фрезерных обрабатывающих центрах предлагается использовать положения автоматизированного проектного базирования [21].

В основе разработанного алгоритмического обеспечения системы автоматизированного синтеза лежит следующая последовательность вспомогательных подалгоритмов (рисунок 1):

- 1) построения модели структуры геометрических связей модулей функциональных поверхностей заготовок на операции обработки;
- 2) определения базовых поверхностей;
- 3) идентификации состава баз ориентации;
- 4) определения приоритета в обеспечении допусков;
- 5) привязки геометрических связей к элементам состава баз (формируется WCS или базовая система координат);
- 6) определения состава установочных и (или) установочно-зажимных элементов модели базирования (определяется установочная система координат).

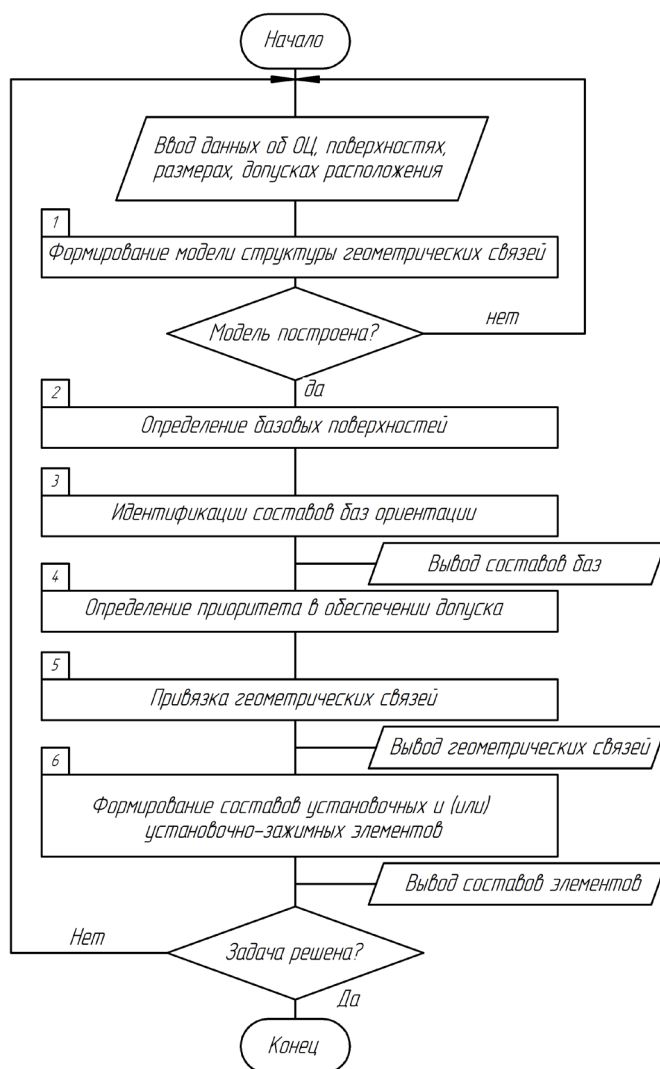


Рисунок 1. – Блок-схема принципиального алгоритма работы системы

Реализация подалгоритма 1 предусматривает корректное задание линейных размеров и допусков расположения на геометрической модели детали. Работа подалгоритма 1 основана на выборе компоновочной схемы фрезерного обрабатывающего центра, а также формировании массивов данных о выдерживаемых на операции размерах и допусках расположения на основе принципа единства конструкторских и технологических баз (рисунок 2).

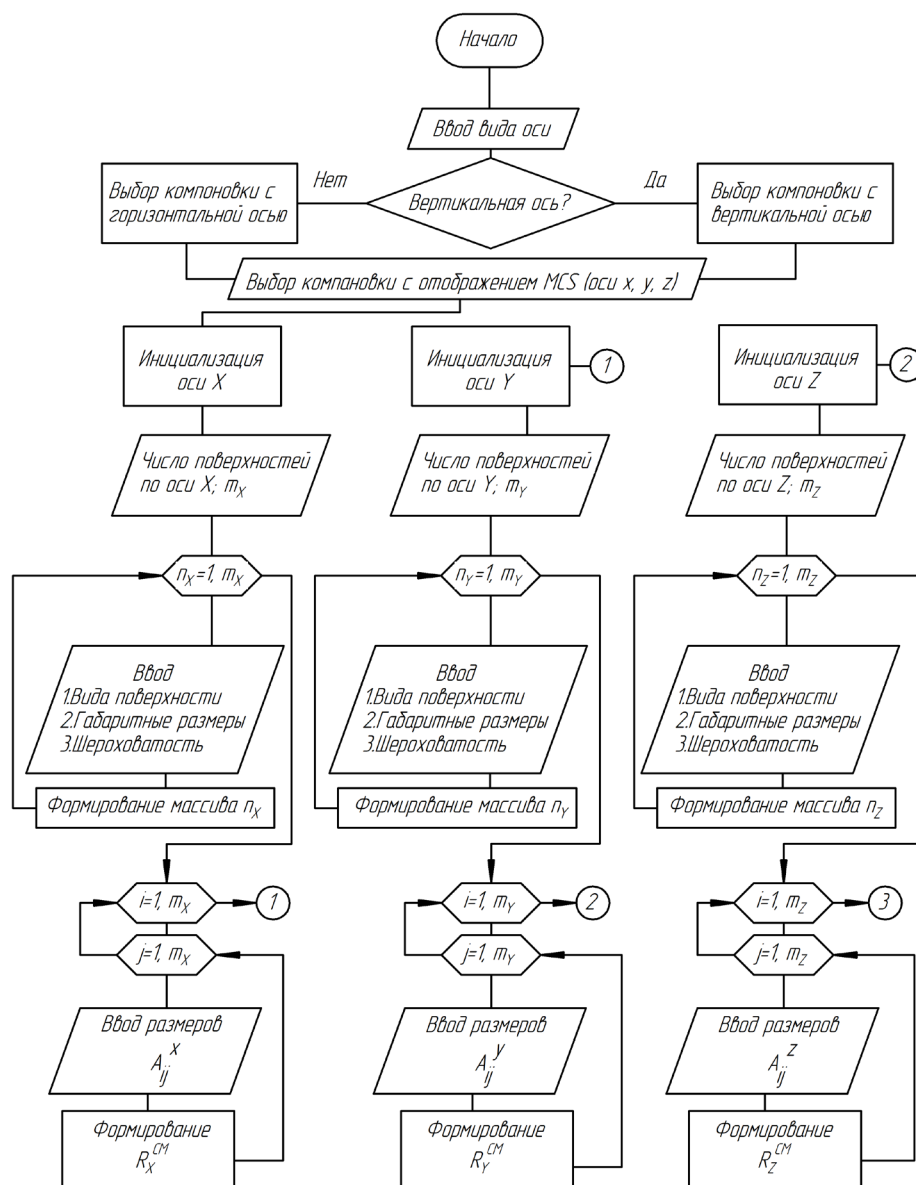


Рисунок 2. – Блок-схема подалгоритма построения модели структуры геометрических связей модулей функциональных поверхностей заготовок на операции обработки

Оперирование размерными параметрами осуществляется с помощью неориентированных графов типа дерева линейных размерных связей (обозначений размерных связей поверхностей в трех координатных направлениях $R_{(x,y,z)}$).

Задачи машинного представления информации предполагают использование матричного представления графов. Графы $R_{(x,y,z)}$ предлагается представлять с помощью матрицы смежности $R_{(x,y,z)}^{cm} = \|r_{i,j}\|_{m \times m}$, элементы которой образуются по правилу:

$$r_{i,j} = \begin{cases} v_k, & \text{если вершина } \bar{n}_i \text{ соединена с вершиной } \bar{n}_j \text{ ребром;} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

где $v_k = (\bar{n}_i, \bar{n}_j)$ – ребро, соединяющее вершины $\bar{n}_i$ и $\bar{n}_j$ (в матрицу записывается $A(T)$ – соответствующий линейный размер и допуск; m – число вершин).

Под видом поверхности понимается: плоскость (явная или симметрии); ось и плоскость, связанная с осью (в частности к плоскости симметрии); плоскость, проходящая через оси двух отверстий (в частности плоскости симметрии).

Оперирование угловыми параметрами осуществляется с помощью графов допусков расположения U . Графы формируются согласно принципам однозначности и корректности задания ориентации элементов кон-

струкции относительно того или иного состава баз ориентации. Предлагается его представлять в виде матрицы инцидентности. Под матрицей инцидентности понимается прямоугольная таблица вида $U = \|u_{i,j}\|_{m \times l}$, элементы которой образуются по правилу:

$$u_{i,j} = \begin{cases} y_l, & \text{если ребро } y_l \text{ выходит из вершины } \bar{n}_m; \\ -y_l, & \text{если ребро } y_l \text{ входит в вершину } \bar{n}_m; \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

где $y_l = \langle \bar{n}_i, \bar{n}_j \rangle$ – дуга графа, соединяющая вершину i с вершиной j (в матрицу записывается T – соответствующий допуск углового расположения); m – число вершин; l – число ребер.

Подалгоритм 2 предполагает выполнение последовательности процедур совместного анализа указанных выше массивов данных для формирования возможных составов баз ориентации (рисунок 3).

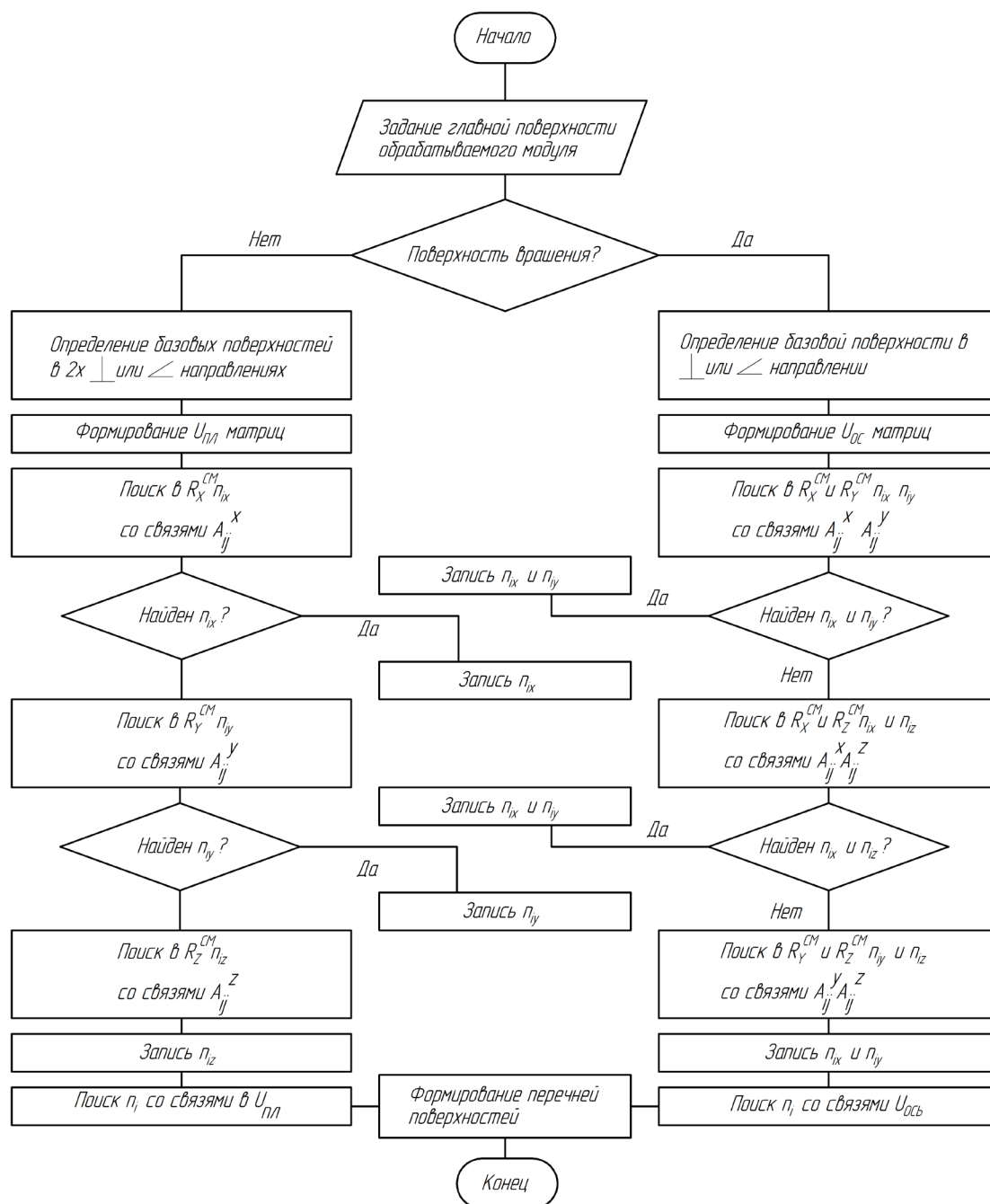


Рисунок 3. – Блок-схема подалгоритма определения базовых поверхностей

Подалгоритм 3 включает в себя анализ поверхностей сформированных перечней для определения принадлежности состава к одному из четырех их видов (рисунок 4).

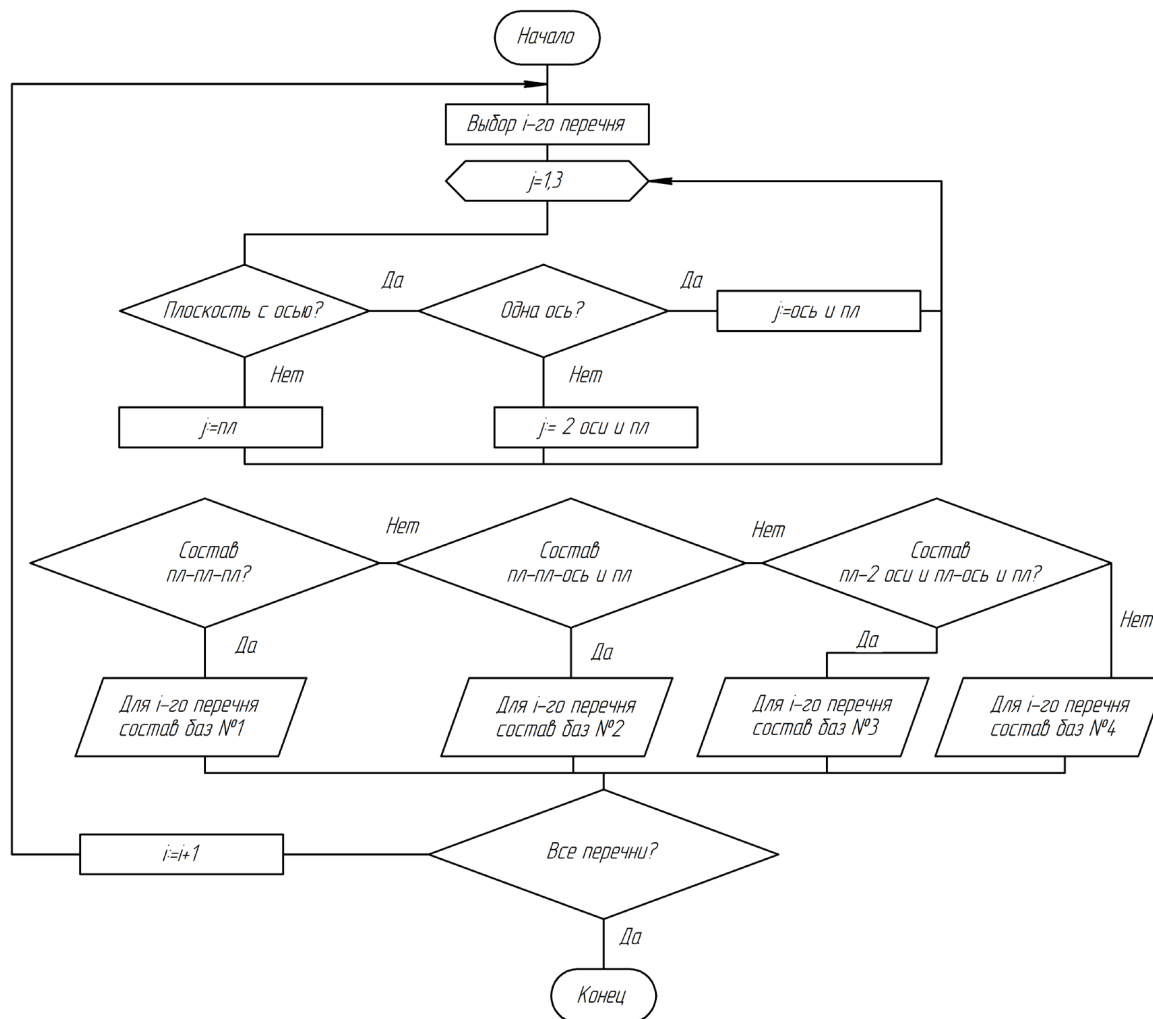


Рисунок 4. – Блок-схема подалгоритма идентификации состава баз ориентации

Для реализации подалгоритма 4 разработана формализованная методика ранжирования численных значений допусков размеров и расположения по компонентам состава баз. При реализации методики осуществляются приведение допусков к одной базовой длине, определение значений удельных допусков и определение главной (главных) базы в зависимости от их значений. Численные значения неуказанных допусков определяются по ГОСТ 25069 (рисунок 5).

Суть привязки геометрических связей к элементам состава баз (подалгоритм 5) заключается в использовании массива производственных моделей, соответствующих вариантам однозначного задания расположения обрабатываемых функциональных поверхностей относительно главной базы (рисунок 6).

Структура массива полностью соответствует структуре схемы вариантов корректного задания допусков расположения относительно составов баз. Каждому antecedенту в виде варианта задания приоритетного допуска ставится в соответствие консеквент в виде рекомендаций по определению геометрических связей, накладываемых базой. Так, например, antecedенту O10 (приоритетным является допуск перпендикулярности оси относительно плоскости и при этом допуск линейного размера относительно другой меньше допуска линейного размера относительно третьей) соответствует консеквент: первая плоскость назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, вторая плоскость – двойной однонаправленной (направляющей), третья плоскость – одиночной (опорной).

Подалгоритм 6 содержит метод типовых технических решений, при реализации которого элементы геометрических связей составов баз заменяются соответствующими установочными и (или) установочно-зажимными элементами модели базирования. Замену указанных элементов предлагается осуществлять с помощью разработанных массивов соответствия и сокращения вариантов технических решений.

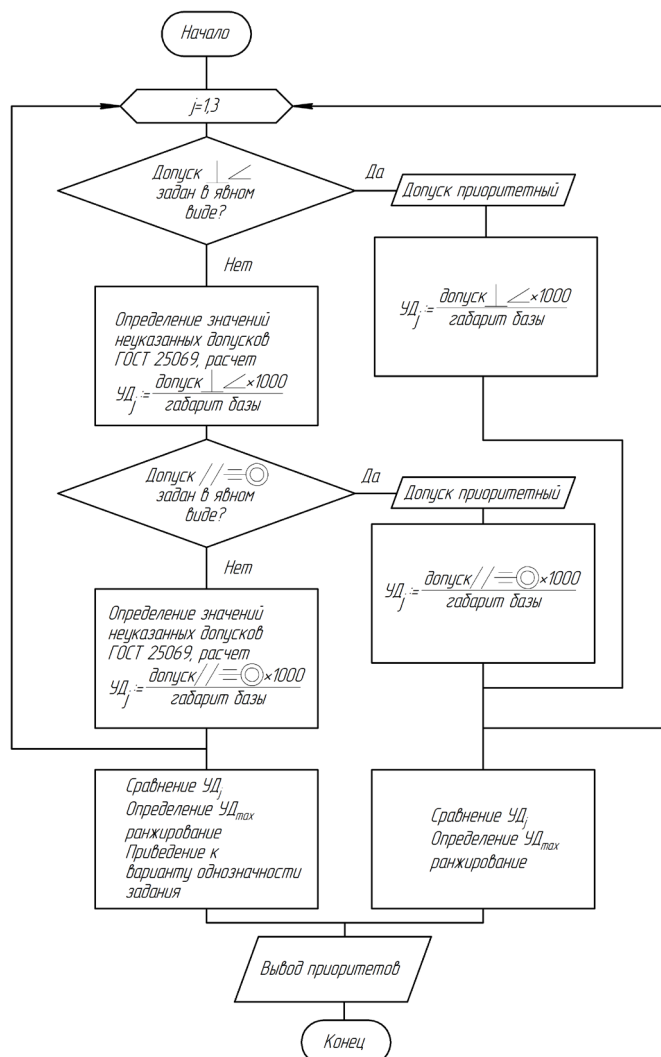


Рисунок 5. – Блок-схема подалгоритма определения приоритета в обеспечении допусков

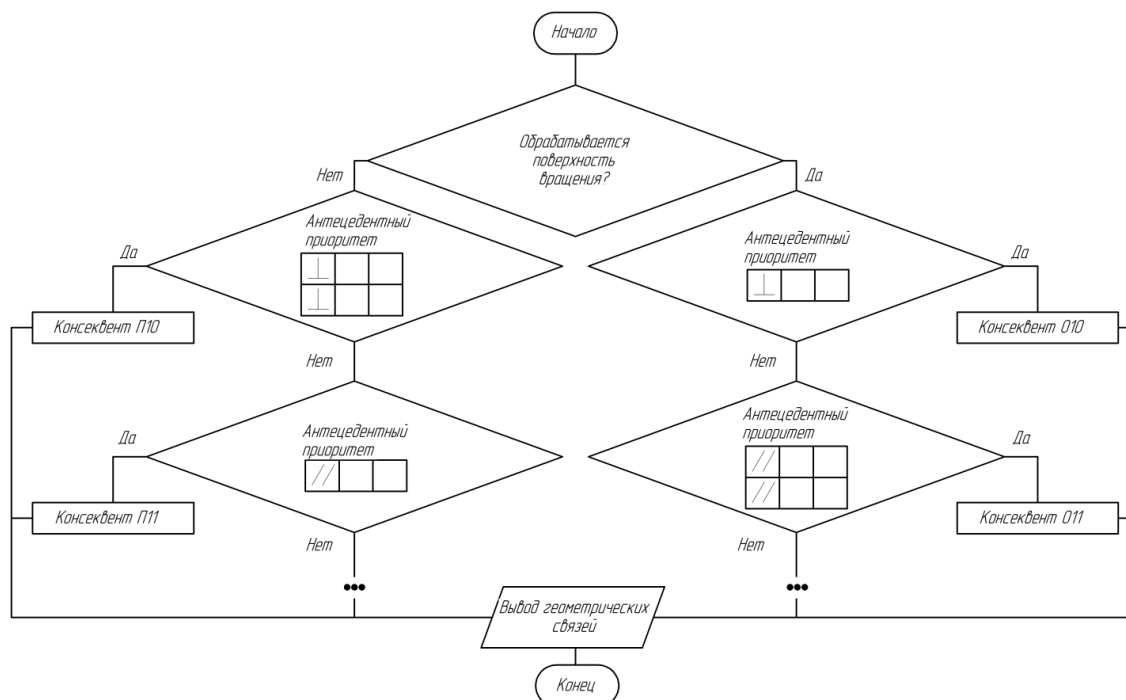


Рисунок 6. – Блок-схема подалгоритма привязки геометрических связей к элементам состава баз

Программное обеспечение системы разработано с использованием стандартных элементов и математических функций языков Python и C++. Интерфейс программного обеспечения представляет собой систему взаимосвязанных диалоговых окон и вкладок для ввода исходных данных, а также вывода результатов.

В начале работы системы для реализации подалгоритма 1 пользователю предлагается последовательность диалоговых окон для определения вида ОЦ (с горизонтальным расположением шпинделя НМС или ОЦ с вертикальным расположением шпинделя VMC), его компоновки и определения системы координат MCS. Для реализации принципа единства конструкторских и технологических баз далее предусматривается введение информации о геометрической модели заготовки на операции в виде задания поверхностей и их размерных связей по осям MCS, а также допусков расположения согласно их простановке на чертеже. Для этого реализуется концепция отображения поверхностей трехмерной модели в виде стандартных примитивов и дальнейшего обозначения поверхностей по соответствующим осям с помощью их нумерации. Исходное диалоговое окно для введения сведений о геометрической модели заготовки детали предусматривает создание примитива (прямой многогранник, призма, цилиндр, фигура по векторам) с выводом запрашиваемых сведений. В результате примитивы отображаются в соответствующих плоскостях MCS для дальнейшего ввода номеров поверхностей и задание размерных связей и допусков расположения. Некоторые окна для ввода исходной информации приведены на рисунке 7.

На рисунке 8 показан пример реализации подалгоритмов 5 и 6 в виде указания на поверхностях геометрической модели заготовки условных значков, интерпретирующих геометрические связи на поверхностях составов баз ориентации и рекомендуемых условных обозначений установочных элементов на поверхностях составов баз.

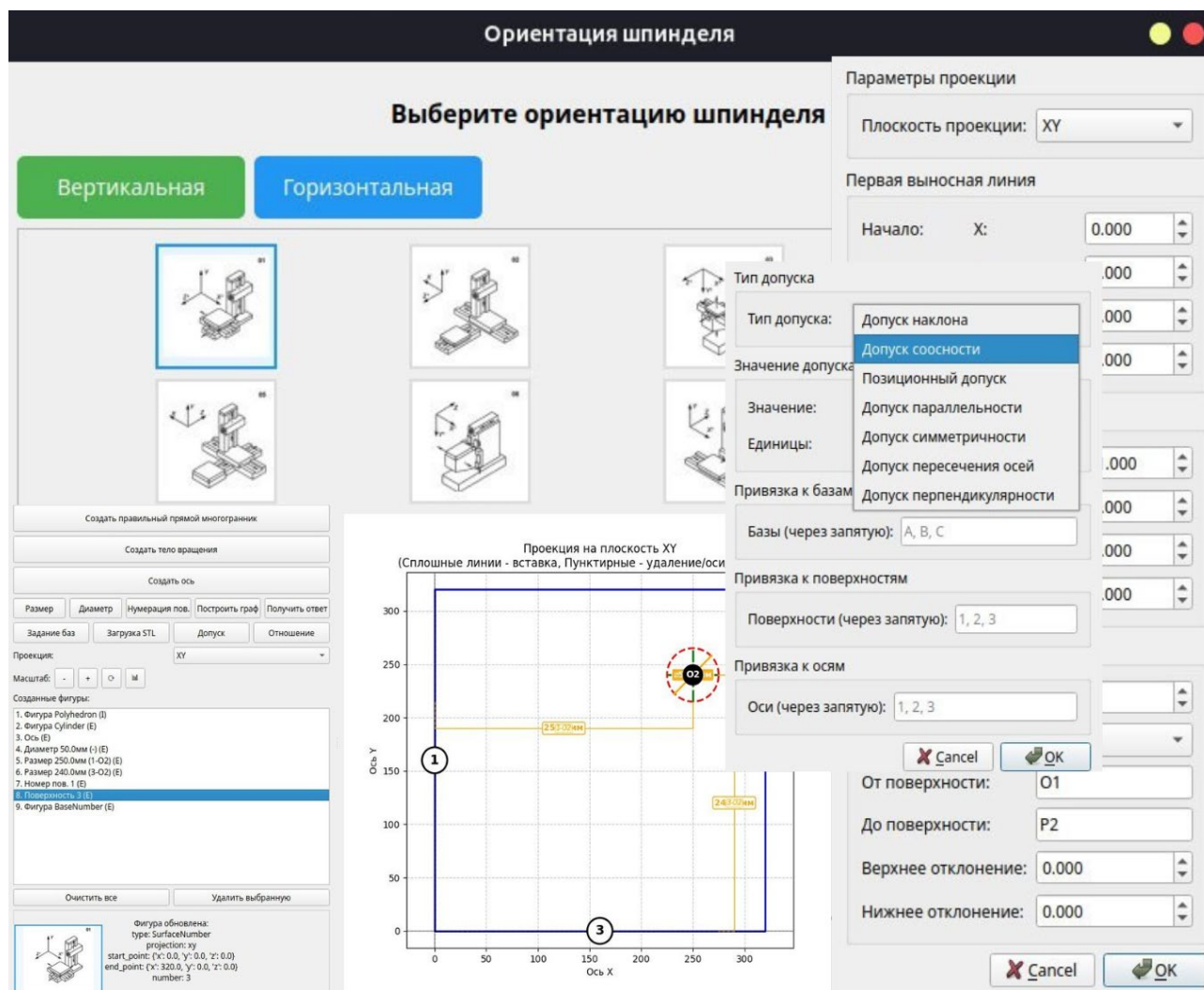


Рисунок 7. – Интерфейсы выбора компоновки ОЦ, системы координат MCS, создания геометрической модели с размерами и допусками расположения

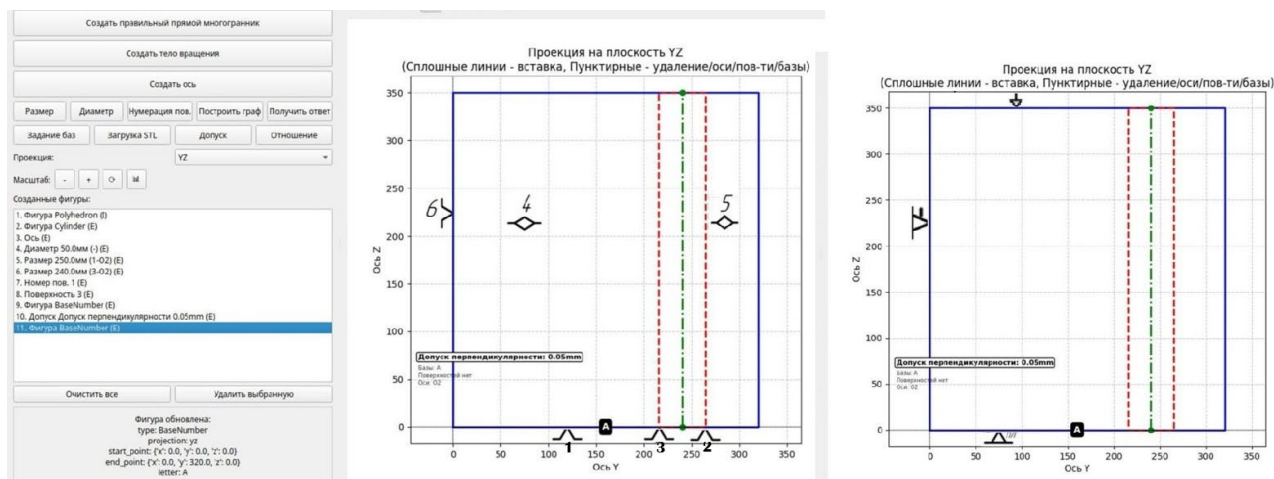


Рисунок 8. – Интерфейсы вывода информации

Закключение. Предложена принципиальная алгоритмическая модель проектного базирования для решения задачи автоматизированного синтеза схем установки по обеспечению точности расположения конструктивных элементов оригинальных некруглых деталей сложной формы в серийном машиностроительном производстве на фрезерных обрабатывающих центрах. Алгоритмическая модель включает ряд вспомогательных алгоритмов: построения модели структуры геометрических связей модулей функциональных поверхностей заготовок на операции обработки; определения базовых поверхностей; идентификации состава баз ориентации; определения приоритета в обеспечении допусков; привязки геометрических связей к элементам состава баз (формируется WCS); определения состава установочных и (или) установочно-зажимных элементов модели базирования. Алгоритмы реализованы в виде программного обеспечения для системы автоматизированного синтеза схем установки.

Система прошла апробацию в учебном процессе кафедр технологии и оборудования машиностроительного производства учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» и технологии машиностроения учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Использование системы позволяет сократить сроки подготовки технологических процессов изготовления деталей, а также оформления соответствующей технологической документации, повысить качество проектных решений по выбору (разработке) станочных приспособлений, что дает возможность повышения производительности труда технологов-машиностроителей и снижения количества ошибок на этапе внедрения технологии.

Разработки могут использоваться в технологических бюро машиностроительных предприятий для проектирования операций изготовления деталей на фрезерных обрабатывающих центрах; в IT-компаниях, специализирующихся на разработке систем автоматизированного проектирования технологических процессов, управляющих программ для станков с ЧПУ и приспособлений для совершенствования CAPP/CAM/CAFD-систем; в учебном процессе для подготовки специалистов в области технологии машиностроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров А.В. Определение технологических возможностей вертикального фрезерного обрабатывающего центра // Станкоинструмент. – 2020. – № 4(021). – С. 48–52. DOI: 10.22184/2499-9407.2020.21.04.48.52
2. Разманов Е.С., Якубов А.В. Обрабатывающие центры - основа современного машиностроительного производства // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 3. – С. 31–32. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=397>.
3. Kumar S. A., Subramaniam V., Teck T. B. Conceptual design of fixtures using machine learning techniques // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2000. – № 16(3). – P. 176–181. DOI: 10.1007/s001700050024
4. Patil A., Rambhad K. S., Bele D. R. Concept of Jigs and Fixture Design – A Review // International Journal of Analytical, Experimental and Finite Element Analysis (IJAEEFA). – 2017. – Vol. 4. – Iss. 4. – P. 73–77. DOI: 10.26706/IJAEEFA.4.4.20171004
5. Gothwal S., Raj T. Different aspects in design and development of flexible fixtures: Review and future directions // International Journal of Services and Operations Management. – 2017. – Vol. 26. – № 3. – P. 386–410. DOI: 10.1504/IJSOM.2017.081944
6. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система: практическое пособие. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 280 с.
7. Royer M., Anselmetti B. 3d manufacturing tolerancing with probing of a local work coordinate system // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2016. – T. 84. – № 9. – P. 2151–2165. DOI: 10.1007/s00170-015-7797-4
8. Intelligent design and optimization of machining fixtures / D. Vukelic, G. Simunovic, D. Tadic et al. // Tehnički vjesnik. – 2016. – № 23(5). – P. 1325–1334. DOI: 10.17559/TV-20150908142130

9. Meraz M. M., Duarte L. J., Hernández C. L. Localization of the work coordinate system using computer vision and geometric transformations on three-axis cnc milling machines // EAI Endorsed Transactions on AI and Robotics. – 2025. – Vol. 4. – P. 1–14. DOI: 10.4108/airo.9898
10. Gu J., Agapiou J. S., Kurgin S. CNC machine tool work offset error compensation method // Journal of Manufacturing Systems. – 2015. – Vol. 37. – P. 576–585. DOI: 10.1016/j.jmsy.2015.04.001
11. Srinivasan H., Harrysson O., Wys, R. Automatic part localization in a CNC machine coordinate system by means of 3d scans // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2015. – Vol. 81. – P. 1127–1138. DOI:10.1007/s00170-015-7178-z
12. Petrakov Y., Shuplietsov D. Contour milling programming technology for virtual basing on a CNC machine // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – № 2(1 (98)). – P. 54–60. DOI:10.15587/1729-4061.2019.162673
13. Хрустицкий К.В., Черепашков А.А. Комплексная автоматизация технологической подготовки производства и управления процессами механической обработки корпусных деталей машин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – № 5(36). – С. 62–66. – URL: <https://journals.ssau.ru/vestnik/issue/viewIssue/44/58>.
14. Храмов А.В., Жирухин К.С., Киселев Е.С. Эффективность использования новых видов технологической оснастки при изготовлении нежестких плоскостных алюминиевых деталей // iPolytechJournal. – 2023. – № 27(2). – С. 284–296. DOI: 10.21285/1814-3520-2023-2-284-296
15. Кротов С.Н. Системы быстрого базирования и предъявляемые к ним требования на примере SCHUNK VERO-S // Станкоинструмент. – 2016. – № 4. – С. 70–74. – URL: <https://www.stankoinst.ru/journal/article/5749>.
16. Беляков Н.В., Попок Н.Н., Якушев М.А. Порядок назначения систем рабочих координат WCS для программирования обработки партий заготовок деталей на станках с ЧПУ // Образование и наука в развитии технологий, экономики, общества = Education and Science in the development of Technology, Economy and Society (ESTES-2025): материалы докладов 58-й междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвящ. 60-летию УО «ВГТУ». В 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2025. – Т. 2. – С. 416–418.
17. Проектное базирование заготовок при обработке на многоцелевых фрезерных обрабатывающих центрах / Б.М. Базров, Н.Н. Попок, Н.В. Беляков и др. // Инновационные технологии в машиностроении: электрон. сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / Новополоцк (22–23 апр. 2025 г.) / ПГУ им. Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк, 2025. – С. 23–25.
18. Богуцкий В.Б. Автоматизированная система проектирования приспособлений для металлорежущих станков // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 1–7. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2019/07/2019-N2-Bogutsky.pdf> (дата обращения: 21.03.2026).
19. Boyle I., Rong R., Brown D.C. A review and analysis of current computer-aided fixture design approaches // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2011. – № 27. – Iss. 1. – P. 1–12. DOI: 10.1016/j.rcim.2010.05.008
20. Active fixturing: literature review and future research directions / O. J. Bakker, T. N. Papastathis, A.A. Popov et al. // International Journal of Production Research. – 2013. – Vol. 51. – Iss. 11. – P. 3171–3190. DOI: 10.1080/00207543.2012.695893
21. Беляков Н.В., Попок Н.Н. Основы автоматизированного проектного базирования в субтрактивном и аддитивном машиностроительных производствах. – Витебск: ВГТУ, 2023. – 183 с.

Поступила 05.06.2026

THE SYSTEM OF AUTOMATED SYNTHESIS OF INSTALLATION SCHEMES OR MACHINING BATCHES OF BLANKS OF NON-ROUND PARTS AT MACHINING CENTERS

N. POPOK

(*Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk*)

N. BELYAKOV, Y. MAKHARINSKY, M. YAKUSHEV, A. STANKEVICH

(*Vitebsk State University of Technology*)

A basic algorithmic design-based model is proposed to solve the problem of automated synthesis of WCS (Work Coordinate System) coordinate systems, as well as to determine the composition of the mounting and clamping elements of machine tools to ensure the accuracy of the structural elements of original non-circular parts of complex shape in serial machine-building production on multi-purpose milling machining centers. The algorithmic model includes a number of auxiliary algorithms: constructing a model of the structure of geometric connections of modules of functional surfaces of workpieces for processing operations; determining the base surfaces; identifying the composition of orientation bases; determining priority in ensuring tolerances; linking geometric connections to the elements of the base composition (WCS is formed); determining the composition of the mounting and (or) mounting and clamping elements of the basing model. The software implementing these algorithms is described.

Keywords: basing, non-circular parts, machining center, coordinate System, MCS (Machine Coordinate System), WCS (Work Coordinate System), CAFD (Computer-Aided Fixture Design), algorithmic support, basing scheme, installation scheme, machine tool.