



безопасности ВУЗам XXI века.//Информационная среда ВУЗа XXI века: материалы IV Международной научн.-практ.конференции (20-24 сентября 2010 г.)- Петрозаводск, 2010. - с. 137-142.

4. Куделькин В.А, Денисов В.Ф. Методы и инструментальные средства мониторинга состояния комплексной безопасности стратегических объектов и территорий.// журнал «Мониторинг. Наука и безопасность.» -М., 2012, №2 (6),с. 16-24.

5. Денисов В.Ф., Чекин В.И. Опыт использования промышленных и государственных образовательных стандартов при разработке базовых профилей информационных систем // сборн. трудов III Всерос. практ. конф. «Стандарты в проектах современных информационных систем» - М.: Фостас, изд-во «Открытые системы», 2003 г.

6. Вольпян Н.С. Европейский опыт реализации политики развития ИКТ-компетенций. Европейская рамка ИКТ-компетенций.- М.: Softline, 2011.- 118с.:илл.

К.С. Кульга, Г.Н. Зверев, П.В. Виноградов

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНО-ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ КРУПНЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СТАНКОВ С ЧПУ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

**Актуальность проблемы.** Основа конструкции современного станка с числовым программным управлением (ЧПУ) – крупные корпусные детали (ККД), например, станины, колонны и т.п. Их массовая доля в компоновке станков превышает 70% [1]. Получение заготовок ККД литьем, удовлетворяет условиям стабильности размеров, жёсткости и виброустойчивости станков с ЧПУ [2]. В связи с этим литейное производство является одним из важнейших технологических переделов, влияющим на технико-экономические показатели продукции станкостроительных предприятий. Промышленные информационные технологии в литейное производство ККД внедрены недостаточно.

Проведенный анализ литейного производства (ЛП) на предприятии НПО «Станкостроение» (г. Стерлитамак) [3] выявил низкую эффективность использования программного обеспечения (ПО) локальных подсистем САх (*Computer Aided Technologies*), как совокупности различных технологий автоматизации с помощью ЭВМ, отсутствие программного взаимодействия этих подсистем как на уровне управления, так и наборов данных.

В единичном и мелкосерийном производстве отливок ККД выявлены следующие тенденции:

– значительные энергетические, материальные и трудовые затраты в малоэффективных, последовательных бизнес-процессах (БП) разработки литейной технологии (ЛТ) и низкая степень их автоматизации;



- необходимость в нормализации конструкций отливок ККД и унификации элементов модельно-литейной оснастки для их изготовления;
- перевод изготовления модельно-литейной оснастки на станки с ЧПУ.

Для решения актуальной проблемы совмещения БП разработки технологии изготовления отливок ККД в едином информационном пространстве станкостроительного предприятия необходимо создание ПО автоматизированной информационной системы (АИС) *Stalker Cast*, основанной на апробированной методологии проектирования подобного рода АИС [4], функциях 3D-геометрического моделирования и API (*Application Programming Interface*)-функциях *CAD (Computer Aided Design)*-систем.

Проектирование, создание и внедрение ПО АИС *Stalker Cast*, не требует значительных капитальных вложений, и позволяет сократить сроки технологической подготовки литейного производства и получить обоснованные данные для расчета предварительной и фактической себестоимостей ККД станков с ЧПУ.

Для создания ПО АИС *Stalker Cast* необходимо решить следующие задачи:

- провести системный анализ рациональных способов получения отливок ККД;
- реализовать реинжиниринг существующих БП в части проектирования модельно-литейной оснастки для отливок ККД;
- разработать информационно-математическую модель и базовые информационные технологии АИС.

#### ***Системный анализ рациональных способов получения отливок ККД.***

В основе разработки ЛТ лежит выбор способа получения отливки, который определяется по различным классификационным признакам [5]. Способы получения отливки ККД имеют свои специфические особенности, которые определяют структуру модельно-литейной оснастки и экономические показатели себестоимости изготовления отливки ККД. Они находят свое развитие в различных модификациях и комбинациях, исходя из технических возможностей конкретного предприятия.

На основе системного анализа рациональных способов литья с учётом конструктивных особенностей отливок ККД, предъявляемых к ним технических требований, используемой модельно-литейной оснастки, выделены классификационные признаки и проведён морфологический анализ ЛТ, предназначенной для изготовления отливок ККД (рисунок 1).

Анализ позволил определить конечное множество альтернатив необходимых для синтеза обобщенных структур модельно-литейной оснастки отливок ККД. Для полного перебора вариантов структур модельно-литейной оснастки задан перечень в виде каталога типовых вариантов для каждого типа конструкции отливок ККД, отражающий производственный опыт ЛП станкостроительного предприятия [3].

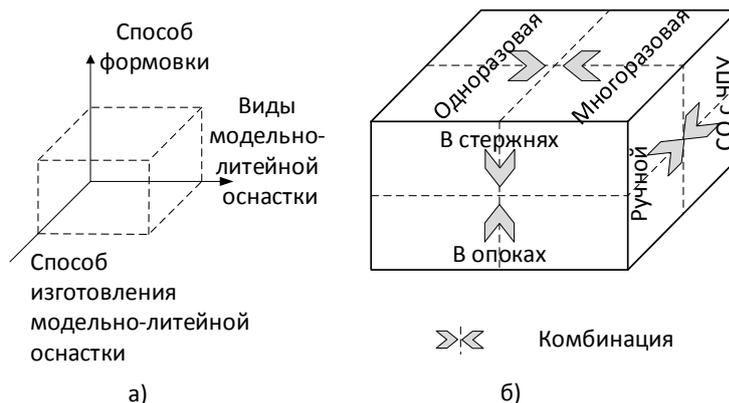


Рис. 1. Анализ альтернатив: а) классификационные признаки выбора альтернатив; б) морфологический бокс выбора альтернатив

**Реинжиниринг существующих БП в части проектирования модельно-литейной оснастки для отливок ККД.** В виду сложности предметной области (достаточно большое количество функций, объектов, атрибутов и сложные взаимосвязи между ними) и отсутствия прямых аналогов, на основе анализа и реинжиниринга существующих БП проектирования ЛТ разработана функциональная модель (ФМ) БП проектирования модельно-литейной оснастки для отливок ККД. ФМ определяющая состав, структуру и поведение системы, разработана на основе методологии RUP (*Rational Unified Process*), посредством платформенно-независимого, объектно-ориентированного (ОО) языка UML (*Unified Modeling Language*) [6], содержит декомпозирующие диаграммы деятельности и определяет сущности процесса проектирования. На каждом этапе проектирования модельно-литейной оснастки из базы данных (БД) типовых вариантов структур, генерируются базовые конструктивы, представляющие собой параметрические 3D-геометрические модели (ГМ).

**Информационно-математическая модель и базовые информационные технологии АИС.** Информационно-математическую модель (ИММ) АИС проектирования можно представить в виде множества:

$$M(\text{БК}) = \{ \text{БК}, F^{\text{БК}}, N^{\text{БК}}, R^{\text{БК}} \}, \quad (1)$$

где БК – базовый конструктив объекта проектирования;  $F^{\text{БК}}$  – множество свойств БК (наборы данных статей прямых и косвенных затрат себестоимости);  $N^{\text{БК}}$  – множество параметров свойств  $F^{\text{БК}}$ ;  $R^{\text{БК}}$  – множество отношений между элементами БК, свойствами  $F^{\text{БК}}$  и параметрами  $N^{\text{БК}}$ .

Предлагаемая ИММ АИС позволяет реализовать новый метод автоматизированного проектирования модельно-литейной оснастки для изготовления отливок ККД, основанный на программном преобразовании исходной конструкторской 3D-ГМ в набор параметрических 3D-ГМ элементов модельно-литейной оснастки с применением API-функций CAD-систем. Этот метод реализован на основе редактирования исходной конструкторской 3D-ГМ ККД с целью получения промежуточных технологических моделей (ТМ), использу-



емых в проектировании модельно-литейной оснастки. На рисунке 2 приведён пример реализации базовой информационной технологии в АИС *Stalker Cast*.

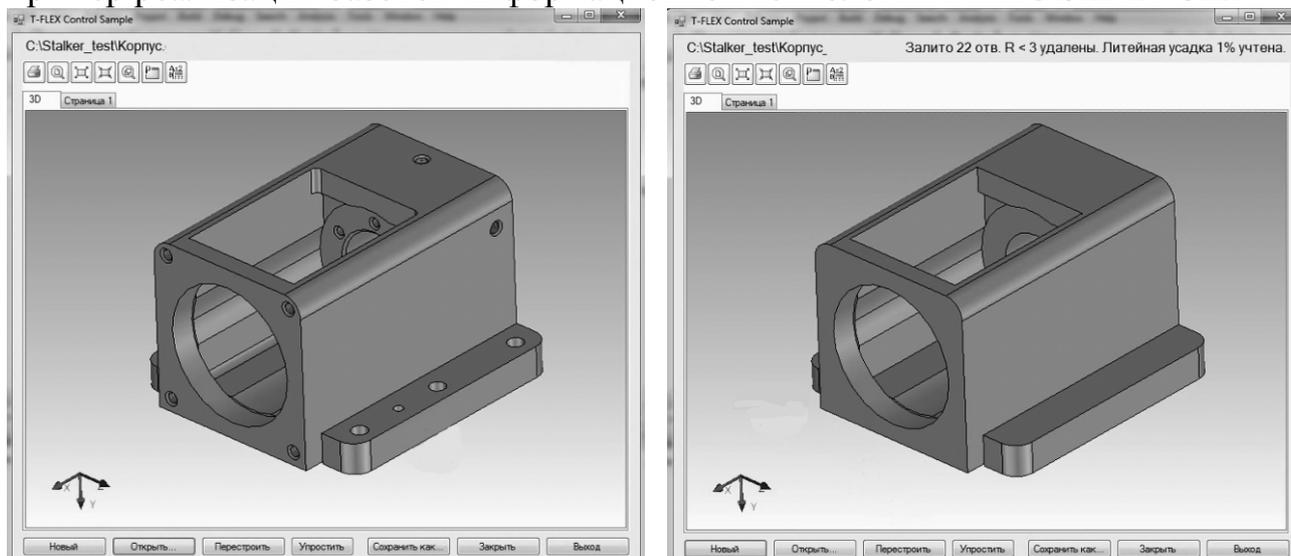


Рис. 2. Результат автоматизированного проектирования упрощенной ТМ детали для анализа в САЕ-системе: а) исходная конструкторская 3D-ГМ детали; б) упрощенная ТМ детали для анализа в САЕ-системе

При автоматическом переформировании исходной конструкторской 3D-ГМ в упрощенную ТМ ККД исключается несущественная геометрия (например, скругления малого радиуса, крепежные отверстия и т.п.) для гидро- и термодинамического анализа в САЕ-системе, что позволяет оптимизировать дискретизацию конечно-элементной модели и время проведения инженерных исследований.

**Заключение.** Использование информационных технологий и 3D-ГМ при проектировании и изготовлении модельно-литейной оснастки ККД на основе разработанного ПО АИС *Stalker Cast* позволит:

- автоматизировать БП проектирования ЛТ для отливок ККД станков с ЧПУ;
- исключить ошибки в материальном производстве отливок ККД, и как следствие, снизить прямые и косвенные затраты в фактической себестоимости станков с ЧПУ;
- осуществить перевод изготовления модельно-литейной оснастки на станки с ЧПУ.

### Литература

1. Чугунное литье в станкостроении / Клецкин Г. И., Абрамов Г. Г., Воловик И. М., Гини Э. Ч. ; ред. Клецкина Г. И. - М. : Машиностроение, 1975. - 320 с. : ил.
2. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / Т.М. Авраамова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т. 1. — М.: Машиностроение, 2012. — 608 с.; ил.
3. Кульга К.С., Виноградов П.В. Совершенствование бизнес-процессов проектирования и изготовления крупногабаритных отливок на основе исполь-



зования систем трехмерного геометрического моделирования // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : материалы VI всерос. науч.-практ. конф. / гл. ред. С. Н. Летуца. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – С. 46-51.

4. Кульга К.С., Кривошеев И.А. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством: монография. М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.

5. Wanlong Wang, Henry W. Stoll, James G. Conley. Rapid Tooling Guidelines For Sand Casting. New York; Dordrecht; Heidelberg; London: Springer, 2010. - 164 p.

6. Арлоу Д., Нейштадт И. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование, 2-е издание. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2007. – 624 с., ил.

К.С. Кульга, П.В. Меньшиков

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ОБЕЧАЙКИ<sup>1</sup>

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

**Актуальность проблемы.** Одной из самых ответственных и дорогостоящих корпусных деталей емкостного оборудования (например, теплообменные и колонные аппараты), изготавливаемых предприятиями нефтегазового и химического машиностроения, является обечайка. Обечайка имеет значительные габаритные размеры (например: 60600x3200x18мм), поэтому эта деталь сваривается из нескольких листов или лент. В большинстве случаев (кроме самых простых изделий) требуется решать задачу расчёта карты раскроя обечайки. В этом случае определяется конфигурация корпусных сварных швов обечайки, при которой выполняются все конструкторско-технологические ограничения, учитываются технические возможности оборудования и обеспечивается минимизация норм расхода основных и вспомогательных материалов, а также норм времени на заготовительные, сварочные и сборочные операции. Задача расчета карты раскроя обечайки в общем случае сводится к задаче покрытия ортогональной области с препятствиями прямоугольниками заданных размеров. Результаты исследований показали, что задачи покрытия относятся к *NP(Non-deterministic Polynomial)*-сложным, т.е. алгоритм точного решения таких задач за полиномиальное время не найден.

Для решения практических задач оптимального раскроя обечайки целесообразно использовать эвристические методы поиска оптимального

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках научного проекта №15-07-00928 при финансовой поддержке ФГБУ РФФИ