

**Авторская колонка**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВКИ  
РАБОЧЕГО КОЛЕСА НАСОСА**

*Неверова Надежда Владимировна,  
Мальгавко Дмитрий Сергеевич,  
Омский государственный технический  
университет, г. Омск*

*E-mail: neverova-nadezhda@mail.ru*

**УДК 621.74: 681.3**

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные этапы компьютерного моделирования процесса центробежного литья с использованием системы компьютерного моделирования литейных процессов «ПолигонСофт» при изготовлении заготовки колеса рабочего центробежного насоса. Представлена визуализация результатов моделирования процессов заливки металла в форму и кристаллизации отливки.

**Ключевые слова:** центробежное литье, компьютерное моделирование, СКМ ЛП «ПолигонСофт».

Рабочее колесо является главной частью центробежных насосов, оно обеспечивает подачу жидкости и, в большинстве случаев, определяет работоспособность насоса. Производство литых заготовок рабочих колес выделяется своей спецификой, в частности, большое влияние на технологический процесс оказывает геометрическая сложность профиля лопаток, наличие в геометрии отливки сечений разной площади и специальные требования к размерной точности и шероховатости поверхности проточной части. Такого рода отливки, как правило, изготавливаются литьем в песчаные формы методом свободной заливки, что не всегда обеспечивает плотность металла в отливке и ее бездефектность. Поэтому для решения данных задач был выбран способ изготовления данной отливки методом центробежного литья.

В практике литья исторически сложилось, что освоение новой технологии требует привлечения значительных временных и трудовых ресурсов для отладки технологических параметров, доводки оснастки и получения качественной отливки.

Использование современных компьютерных программ для моделирования различных технологических процессов в машиностроении предоставляет

возможность значительно сэкономить время подготовки производства, сократить затраты на проектирование и доводку литейной технологии, повысить качество изделий.

На рынке представлен ряд систем моделирования, и они давно стали неотъемлемым инструментом технолога для моделирования процессов литья в песчаные формы и кокили. При этом систем моделирования таких сложных процессов, как центробежное литье, представлено немного. Довольно перспективно для решения такой задачи смотрится система компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «ПолигонСофт».

СКМ ЛП «ПолигонСофт» весьма широко применяется не только в производственной, но и в научно-исследовательской деятельности [1; 2], что обусловлено ее универсальностью и доступностью у российских пользователей. Кроме перечисленных технологий «ПолигонСофт» позволяет моделировать литье по выплавляемым моделям, литье в вакууме, литье по процессу вакуумно-пленочной формовки, непрерывное литье, литье с кристаллизацией под давлением.

В ходе исследования выработаны следующие основные шаги моделирования процесса получения заготовки колеса рабочем способом центробежного литья:

1. Разработка 3D-модели заготовки колеса, литниковой системы и формы. При этом в качестве системы 3D-моделирования может выступать любая CAD-система. Для перехода на следующий шаг необходимо экспортировать модель в универсальный формат STEP.

2. Генерация конечно-элементной сетки. Для решения этой задачи в комплект «ПолигонСофт» включен сеточный генератор «SALOME», который позволяет получать достаточно качественную сетку, с различными размерами элементов, где это необходимо. В частности, для экономии машинных ресурсов, форму целесообразно разбивать на крупные элементы, а тонкие части, такие как лопатки колеса, для обеспечения достаточной точности расчета, необходимо разбивать на мелкие элементы. На рисунке 1 представлена конечно-элементная сетка отливки «Колесо рабочее» с литниково-питающей системой.

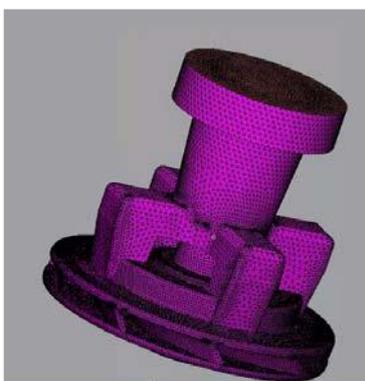


Рис. 1 Моделирование сетки конечных элементов

## Научная перспектива: проблема интерпретации знания в современном образовательном процессе

3. Подготовка расчетной геометрической модели (ГМ). В рамках этого этапа в препроцессоре «Мастер-3D» задаются параметры объемов (отливки и формы) и условия теплообмена на границах ГМ. Каждому объему и границе присваивается уникальный индекс. На рисунке 2 представлено окно настройки параметров отливки. Затем задается место подвода жидкого металла, направление и частота вращения формы.

Материалы выбираются из соответствующего справочника и, если нужного материала нет, его можно внести, задав его теплофизические характеристики. При внесении новой марки стали или сплава, «ПолигонСофт» позволяет задействовать автоматический генератор теплофизических свойств, который позволяет получить набор всех тепловых свойств по задаваемому химическому составу.

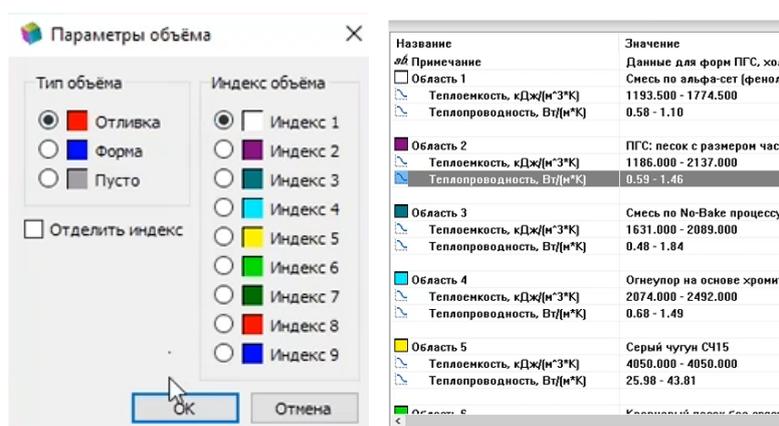


Рис. 2 Диалоговое окно задания объемов и индексов

4. Запуск расчета. На данном шаге необходимо выбрать модули-решатели, которые будут задействованы в моделировании процесса. Для каждого решателя предусмотрен свой набор исходных данных, которые необходимо задать перед расчетом. На рисунке 3 изображены параметры расчета модуля «Напряжения».

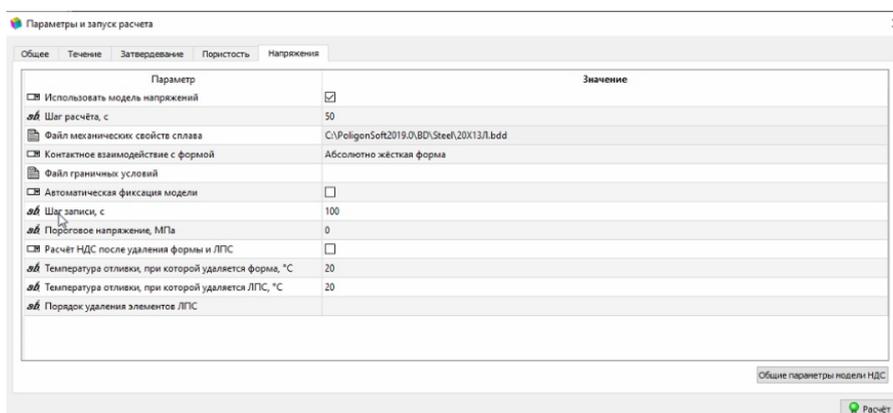


Рис. 3 Диалоговое окно задания параметров для расчета

## Научная перспектива: проблема интерпретации знания в современном образовательном процессе

5. Анализ результатов расчета. На рисунках 4-6 представлены примеры визуализации результатов моделирования процесса центробежного литья отливки «Колесо рабочее» из стали 20Х13Л. Набор инструментов «ПолигонСофт» для представления результатов моделирования позволяет получить наглядное представление о процессе заполнения формы и кристаллизации отливки, оценить равномерность заливки и охлаждения.

В случае выявления дефекта, можно внести изменение в технологию и повторить шаги 1-5.

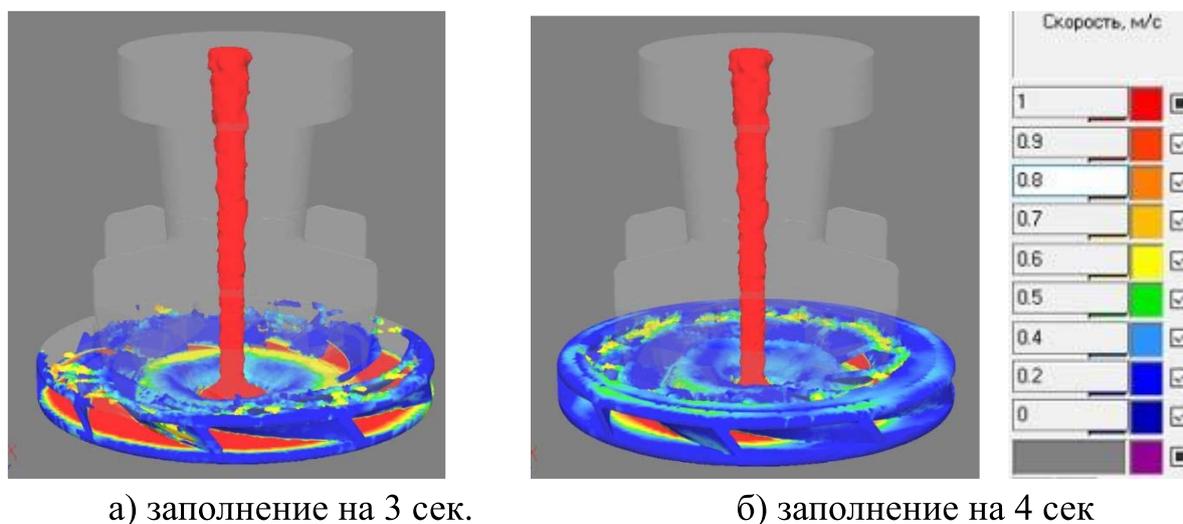


Рис. 4 Визуализация процесса заливки

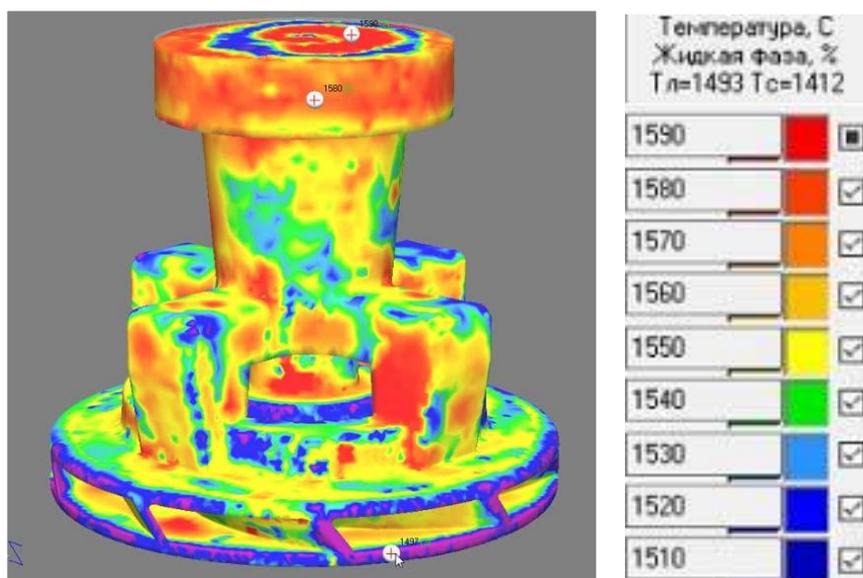
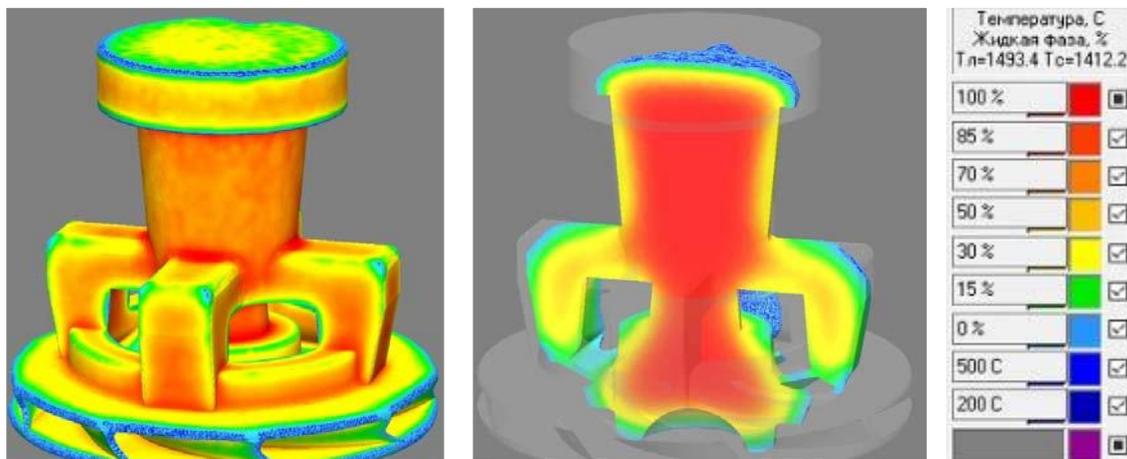


Рис. 5 Визуализация распределения температуры заполнения сразу после заливки колеса



а) начало кристаллизации      б) процесс кристаллизации в разрезе

Рис. 6 Визуализация процесса кристаллизации

Серия компьютерных и натуральных экспериментов показала, что СКМ ЛП «ПолигонСофт» может быть использована для моделирования процесса центробежного литья отливок типа «Колесо рабочее». В дальнейшем, набор оценочных показателей может быть расширен за счет моделирования и анализа напряженно-деформированного состояния и пористости отливки. В свою очередь, массив результатов анализа позволит выявлять закономерности для проведения целенаправленной оптимизации параметров процесса центробежного литья для предупреждения дефектов.

#### Литература:

1. Дуюнова В.А. Применение методов компьютерного моделирования при изготовлении сложноконтурной отливки / В.А. Дуюнова, С.В. Молодцов, А.А. Леонов, А.В. Трапезников // Труды ВИАМ. – 2019. – № 11 (83). – С. 3-11.
2. Батышев К.А. Использование современных систем моделирования и контроля для производства отливок ответственного назначения / К.А. Батышев, В.А. Кателин, К.Г. Семенов, С.Н. Панкратов, С.В. Колосков, А.В. Васяров // Современные материалы, техника и технологии. – 2018. – № 1 (16). – С. 4-10.