



**Перспективы  
воксельного моделирования  
в задачах проектирования  
и управления.  
Приложение к станкостроению**

**Д.Т.Н., ПРОФ., Г.Н.С., ЗАВ. ЛАБОРАТОРИЕЙ 18  
ТОЛОК АЛЕКСЕЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**



# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

2

Задачи жизненного цикла изделия			ТОП СИСТЕМЫ	АСКОН	АПМ	СПРУТ-ОКП	ЛОГОС	1С
САПР	Автоматизация процесса проектирования	CAD	+	+				
	Инженерные расчёты	CAE	+	+	+		+	
	Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ	CAM	+	+				
АСУ	управление всей информацией об изделии	PDM	+	+				
	управление жизненным циклом изделий	PLM	+	+				
	планирование и управление производством	MES				+		+
Документооборот		MRP	+			+		+
	единое информационное пространство предприятия	ERP	+			+		+
		CRM	+			+		+
Сопровождение процесса	поддержка процессов жизненного цикла изделий	CALS						



# КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ САПР

Аналитическое представление:

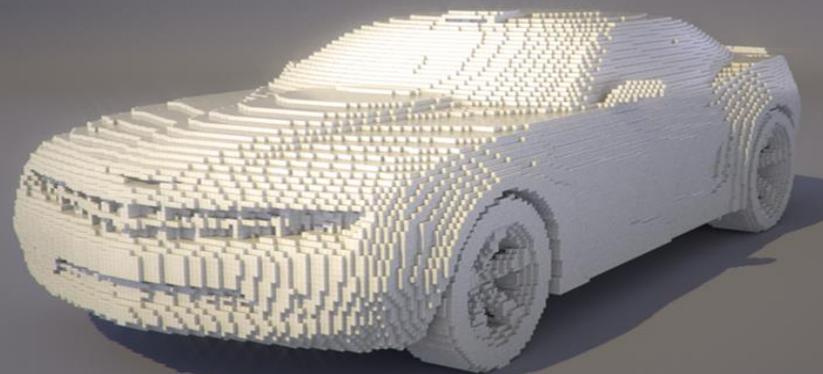
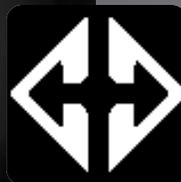
$$x = X(t), y = Y(t), z = Z(t) \text{ или } z = f(x, y)$$

$$F(x, y, z) = 0$$

3



**Полигональная**



**Воксельная**

## Достоинства:

1. Наглядность представления гладких форм
2. Пригодность к применению расчётов МКЭ
3. Относительная компактность при хранении

## Недостатки:

1. Модель описывает поверхность объекта
2. Сложность распределения узлов сетки
3. Отсутствие обратной связи с аналитическим представлением.
4. Размерность модели ограничена 3D

## Достоинства:

1. Простота решения задач объёмного заполнения
2. Простота алгоритмов построения и визуализации

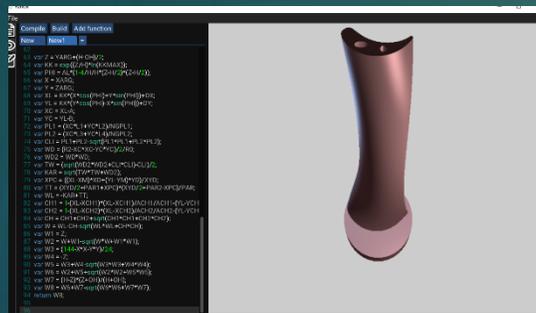
## Недостатки:

1. Сложность представления гладких форм
2. Сложность аналитического представления
3. Отсутствие обратной связи с аналитическим представлением
4. Размерность модели ограничена 3D

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ИПУ РАН В ОБЛАСТИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В СТАНКОСТРОЕНИИ

4

В основу фундаментальных исследований и практических разработок ИПУ РАН входят два основных направления компьютерного геометрического моделирования: полигональное и воксельное. Функционально-воксельное моделирование является собственной разработкой и рассматривается применительно ко всем стадиям жизненного цикла (САПР/АСУ). Полигональное моделирование ограничено лишь задачами PDM/PLM. Это связано с тем, что первичные стадии CAD/CAE/CAM достаточно проработаны отечественными разработчиками.



Воксельное

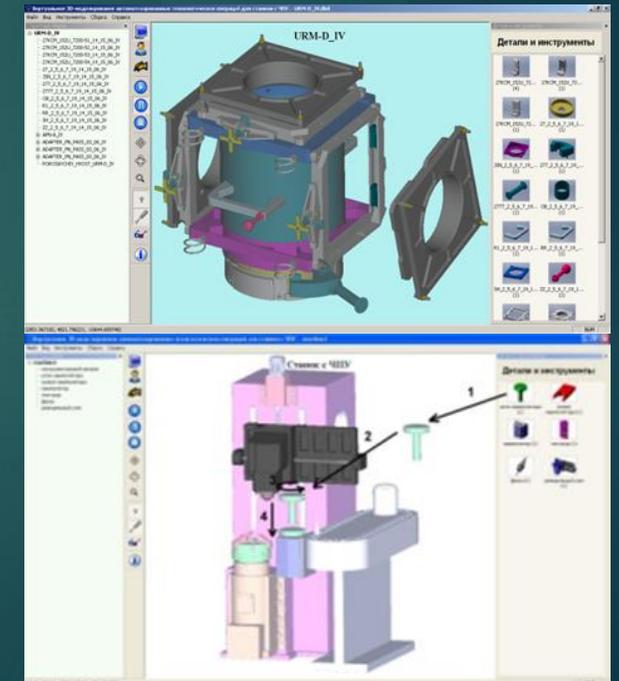
САПР

Полигональное

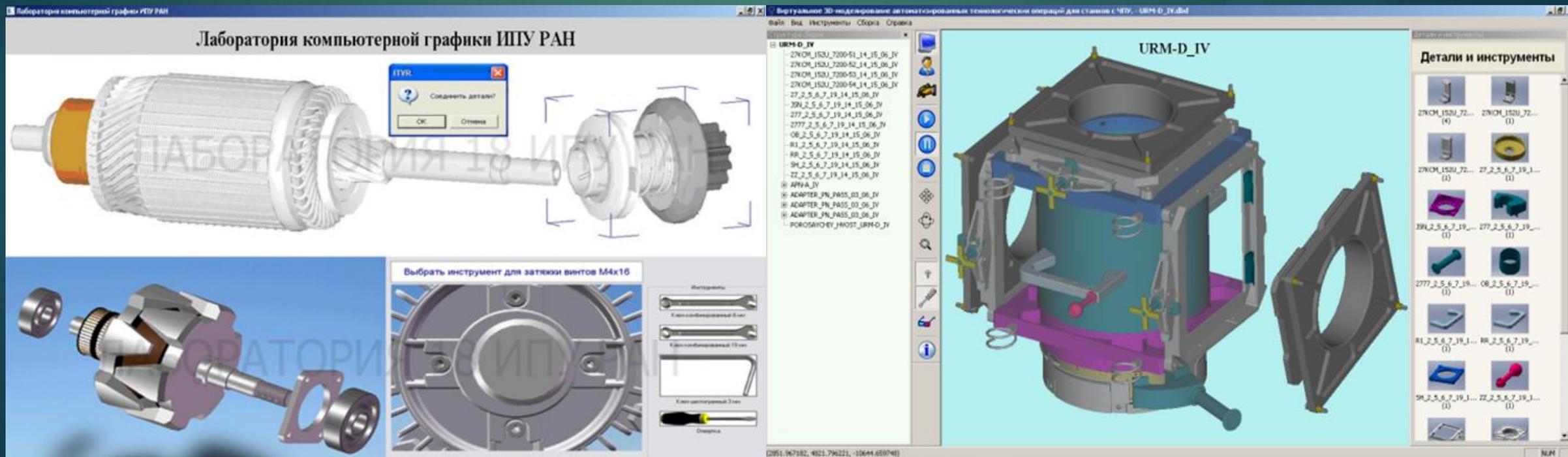
CALS



АСУ



После редактирования и адаптации, на основе полигональных 3D-моделей создаются интерактивные тренажеры и ИЭТР для поддержки изделий в эксплуатации. При этом решаются задачи реконструкции 3D-моделей из стандартных форматов обмена данными и задачи моделирования технологических операций по эксплуатации, ремонту и техническому обслуживанию изделий. На рисунках ниже приведены примеры ИЭТР, созданных в ИПУ РАН.

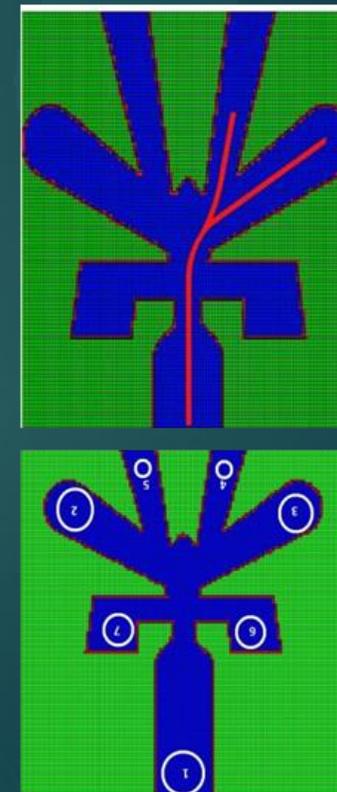
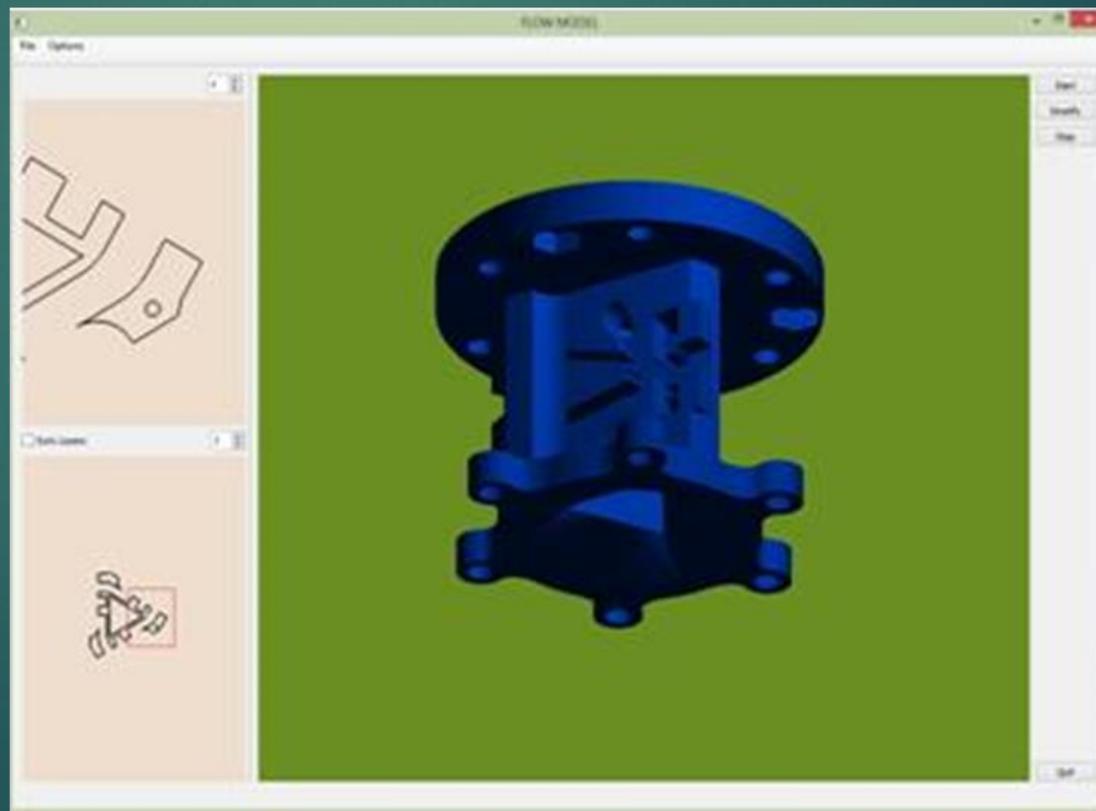
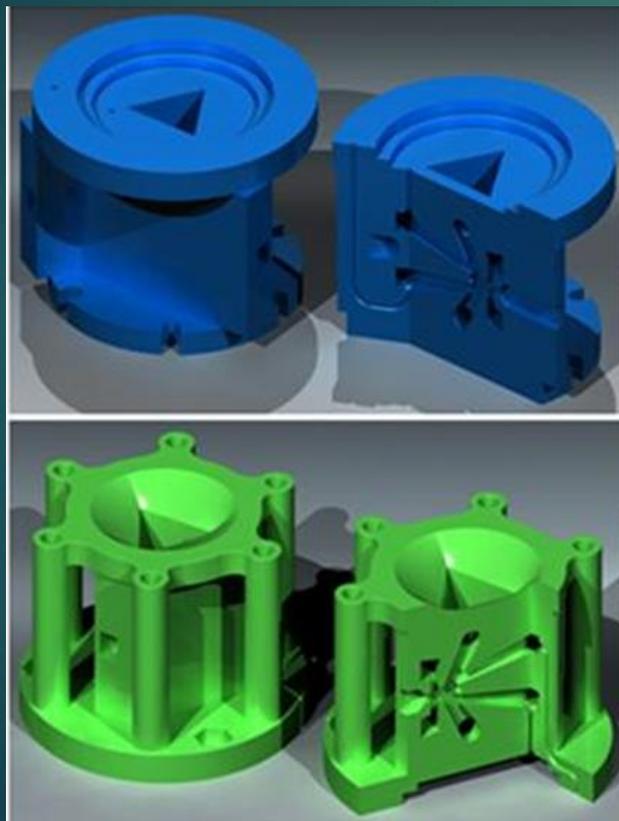




# ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ СТАНКОСТРОЕНИЯ

6

На основе полигональных моделей также могут быть построены инструментальные программные средства для поддержки разработки изделий. Например, в ИПУ РАН создано специализированное ПО для инженерного анализа струйных устройств управления технологическим оборудованием.

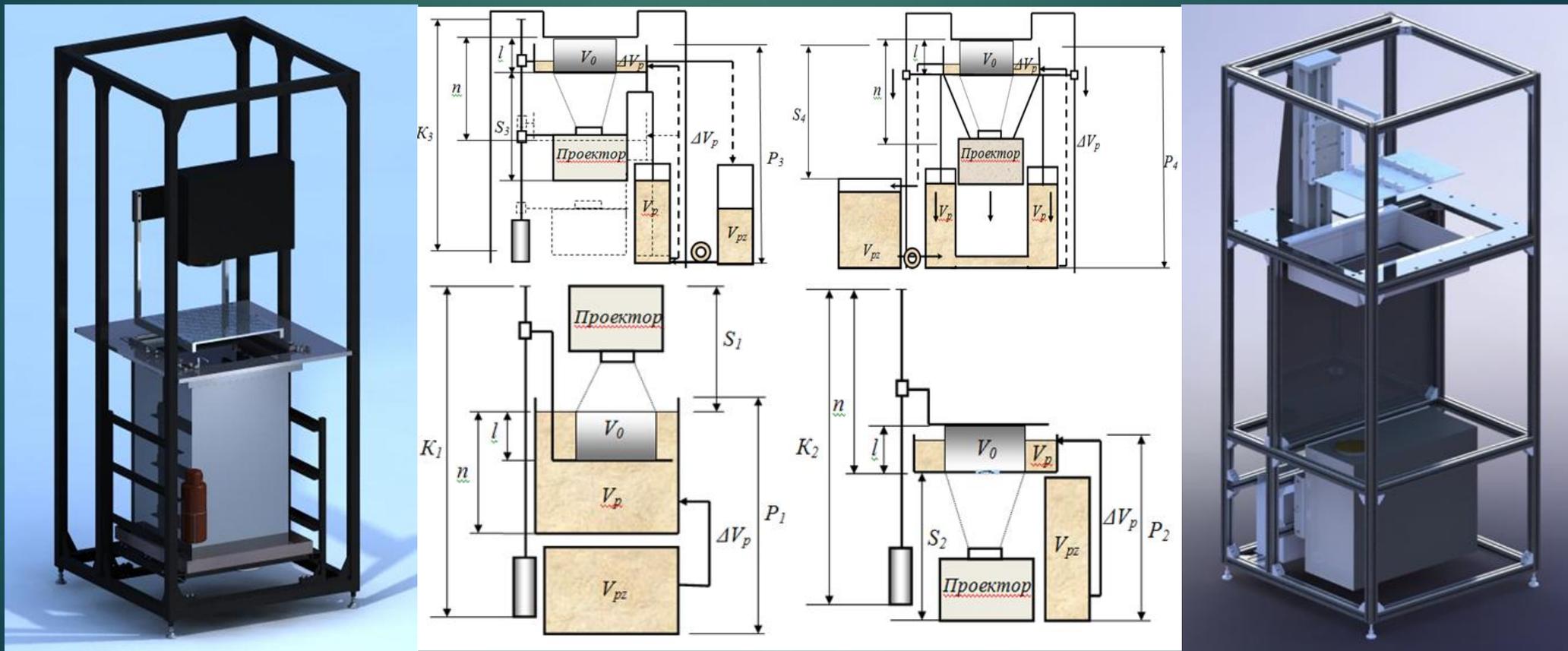




# ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ SLA-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА

7

**SLA** – Стереолитография. В ИПУ РАН имеется опыт по разработке конструкции и программного управления установки аддитивного прототипирования на основе фотосинтеза.





# ПЕРСПЕКТИВЫ ВОКСЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

8

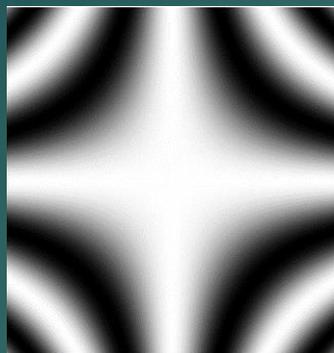
## Функционально-воксельное моделирование (ФВМ)

### Достоинства:

1. ФВ-модель имеет обратную связь с аналитической функцией в виде её локального прототипа.
2. Каждая точка области обеспечена локальными геометрическими характеристиками.
3. Возможность многомерного представления.

### Недостатки:

1. Вычислимая точность зависит от градации палитры и разрешения образа
2. Сложность перемасштабирования области
3. Возрастает объём хранения данных



$$F(x, y) = 0$$

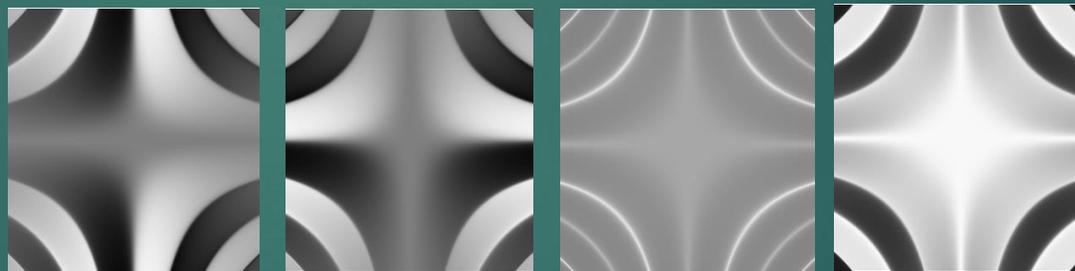
Исходная функция неявного вида

$$F(x, y) = z$$

Область значений функции

$$\vec{n}(n_1, n_2, n_3, n_4)$$

Нормальное поле вектор-функции



Воксельное представление компонентов нормали

$$n_1x + n_2y + n_3z + n_4 = 0$$

Локальная функция неявного вида

$$z = -\frac{n_1}{n_3}x - \frac{n_2}{n_3}y - \frac{n_4}{n_3}$$

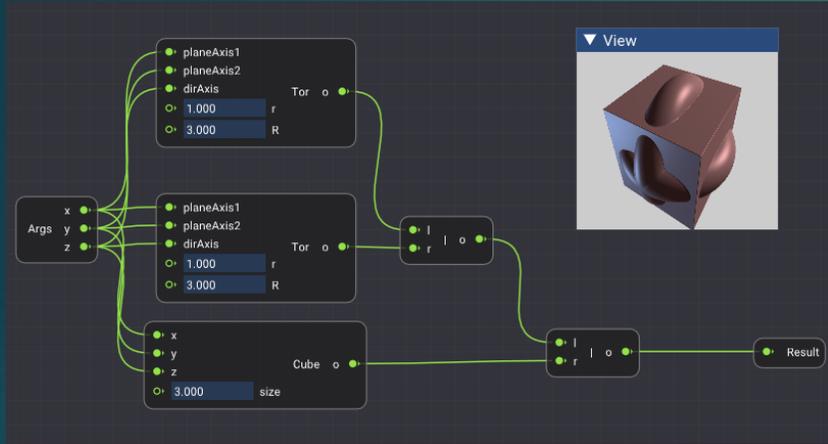
Область локальных значений функции



# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФВМ В СТАНКОСТРОЕНИИ

9

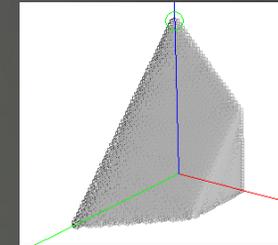
Средства ФВ-моделирования



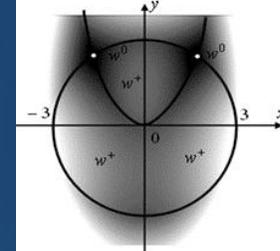
Разработка инструментов решения задач управления



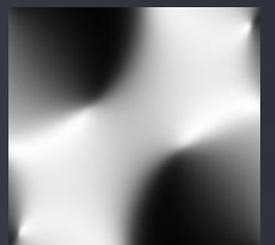
Решение задач МП



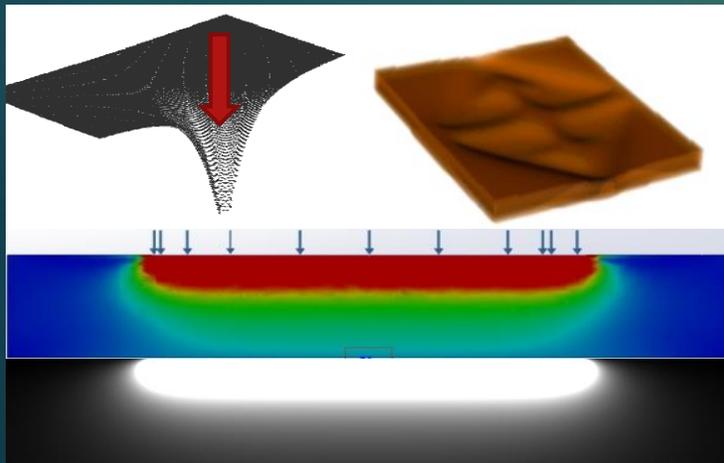
Решение СЛАУ



Решение ДУ



Инженерные расчёты ФВМ



Сопровождение технологических задач

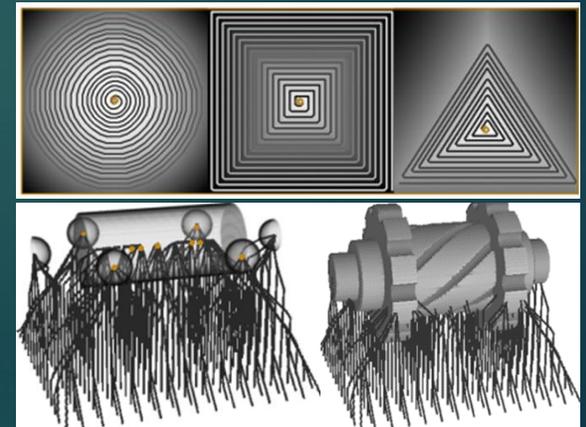
Процесс обхода инструмента по уточненной методом ФВМ траектории

Формирование контура на основе ФВМ  $\Delta z_i = \frac{\Delta V_i}{S_i}$

Моделирование обхода инструмента по уточненному контуру

Станок фрезерный с ЧПУ модели DMU-100T (место проведения физического эксперимента)

Аддитивные технологии





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

Д.Т.Н., ПРОФ., Г.Н.С., ЗАВ. ЛАБОРАТОРИЕЙ 18  
ТОЛОК АЛЕКСЕЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ