



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

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



	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				+		+
Документо оборот	единое информационное пространство предприятия	MRP	+			+		+
		ERP	+			+		+
		CRM	+			+		+
Сопровожд- ение процесса	поддержка процессов жизненного цикла изделий	CALS						



# КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ САПР

Аналитическое представление:

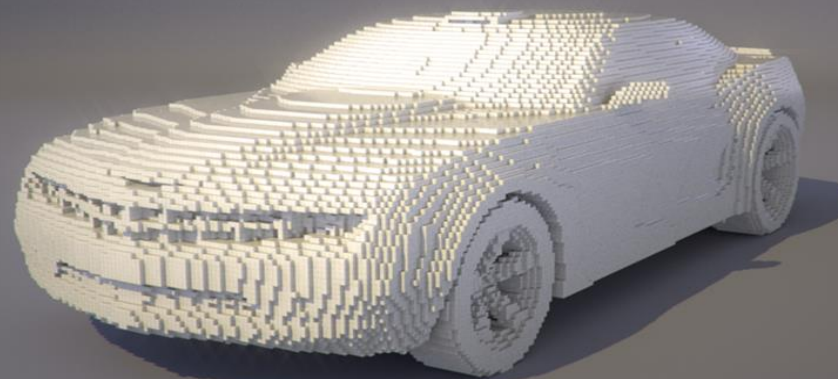
$$x = X(t), y = Y(t), z = Z(t) \text{ или } z = f(x, y)$$

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

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

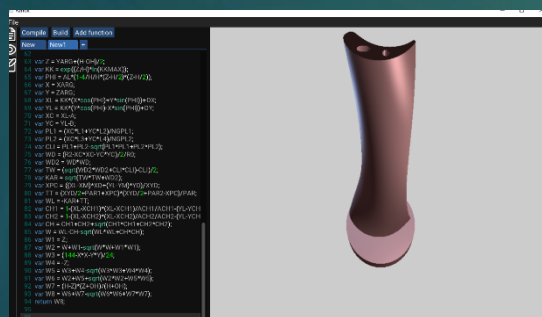
## Недостатки:

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.

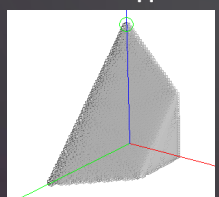


Воксельное

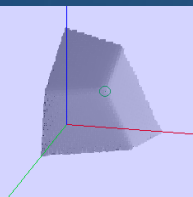
САПР

АСУ

Решение задач МП



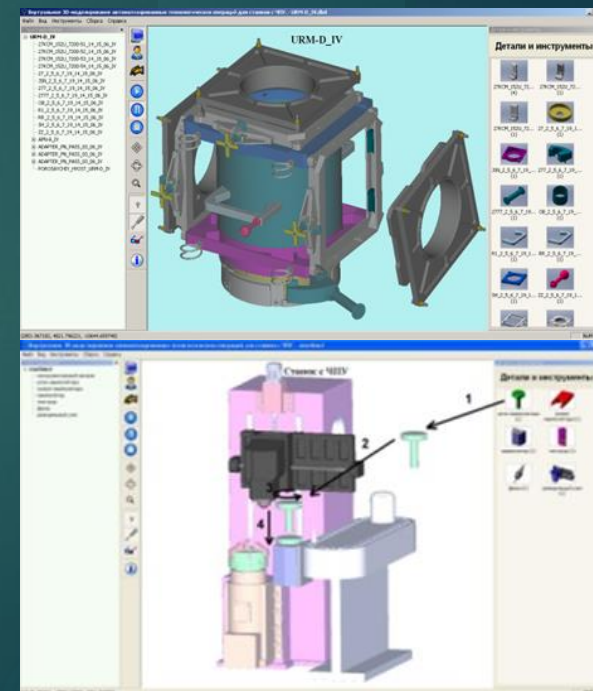
Решение СЛАУ



Полигональное



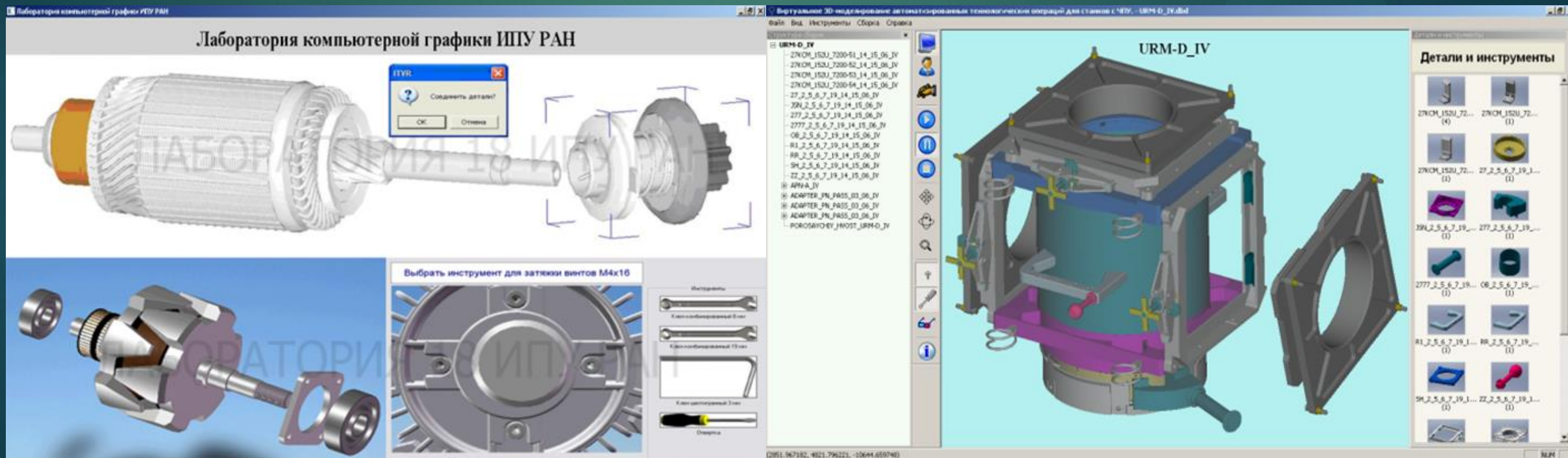
CALS





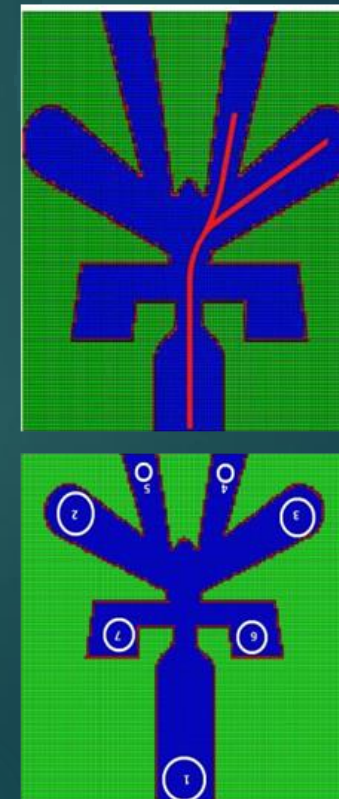
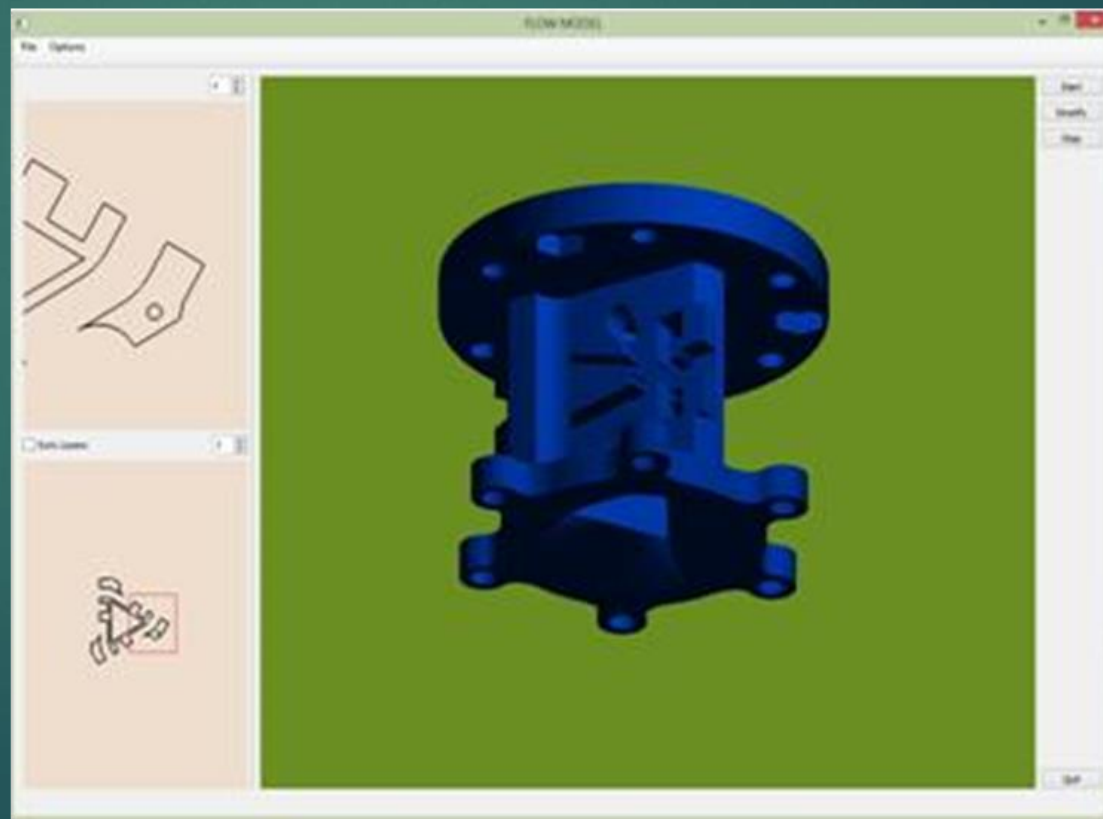
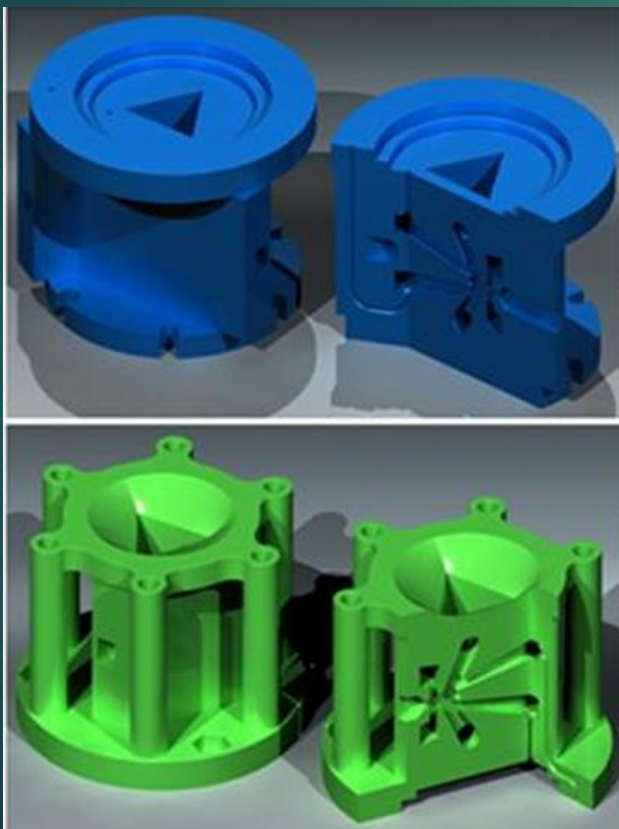
# ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ СТАНКОСТРОЕНИЯ

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.



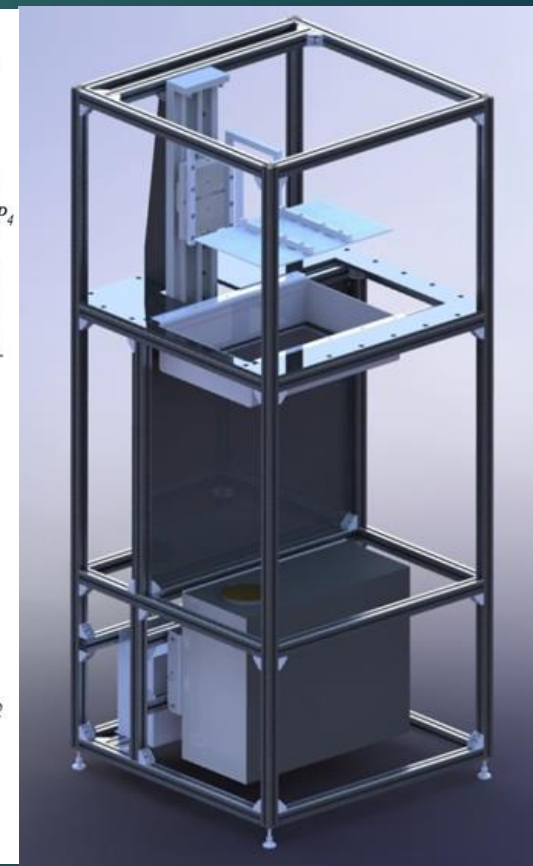
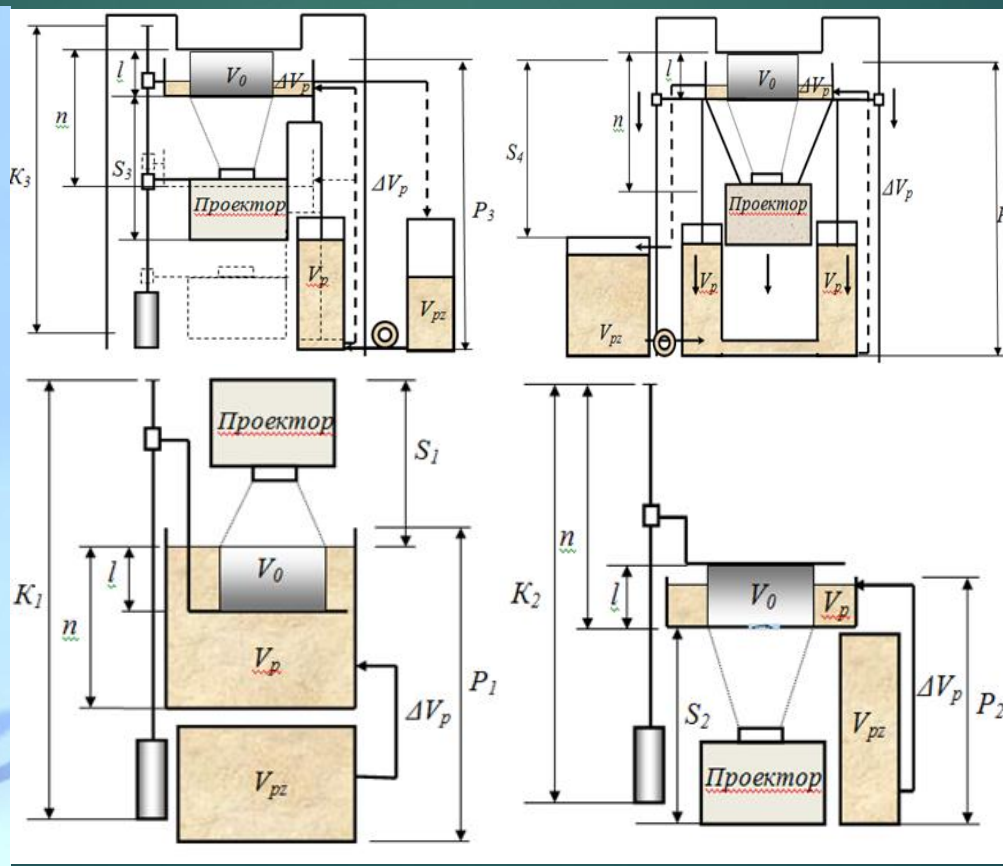
# ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ СТАНКОСТРОЕНИЯ

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.





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





# ПЕРСПЕКТИВЫ ВОКСЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

8

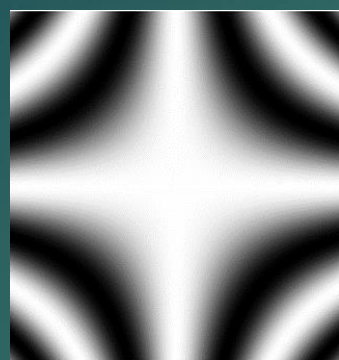
## Функционально-воксельное моделирование (ФВМ)

### 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



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

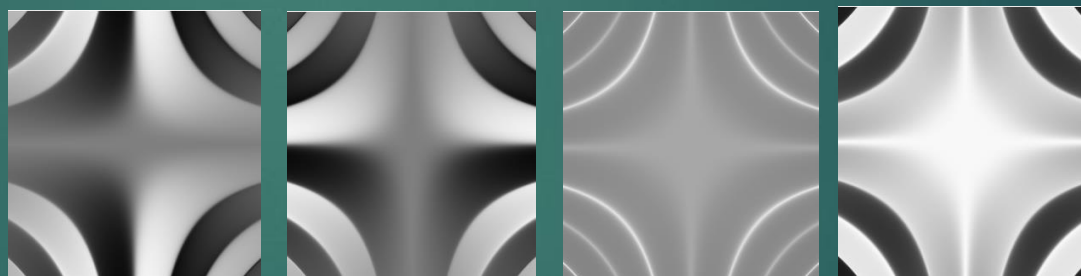
Исходная функция неявного вида

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

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

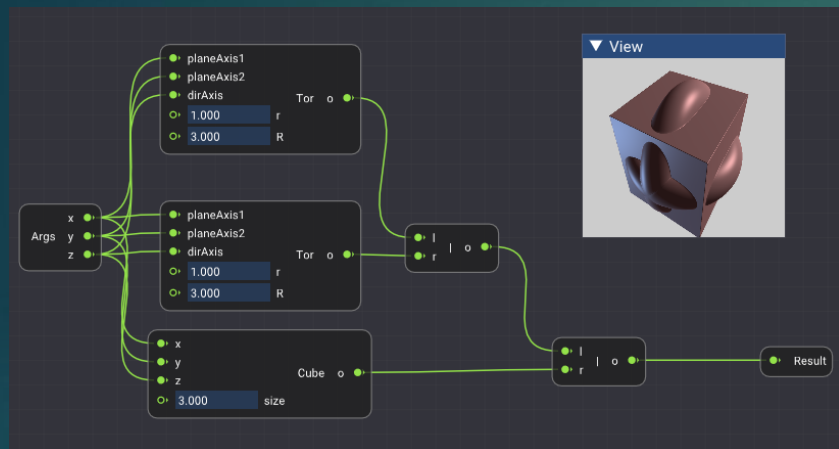




# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФВМ В СТАНКОСТРОЕНИИ

9

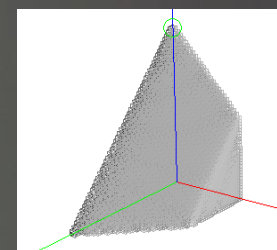
Средства ФВ-моделирования



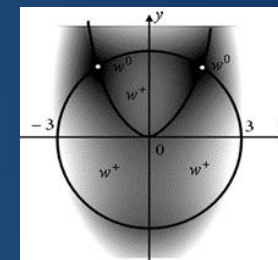
Разработка инструментов решения  
задач управления



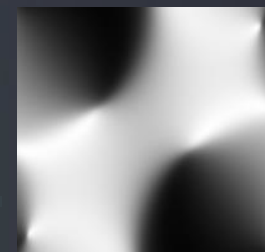
Решение задач МП



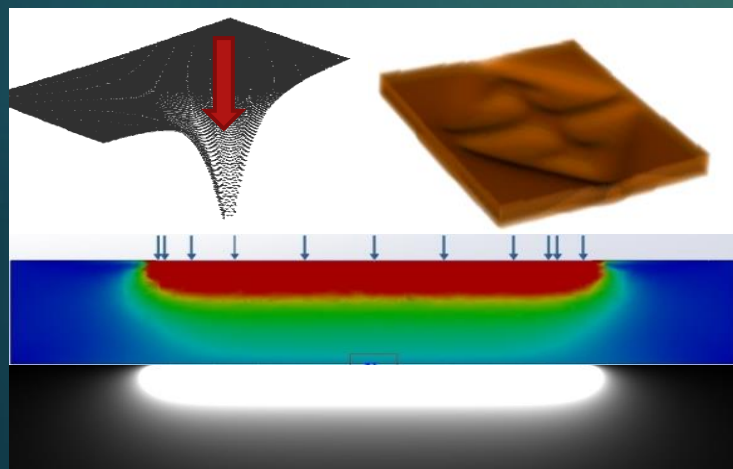
Решение СЛАУ



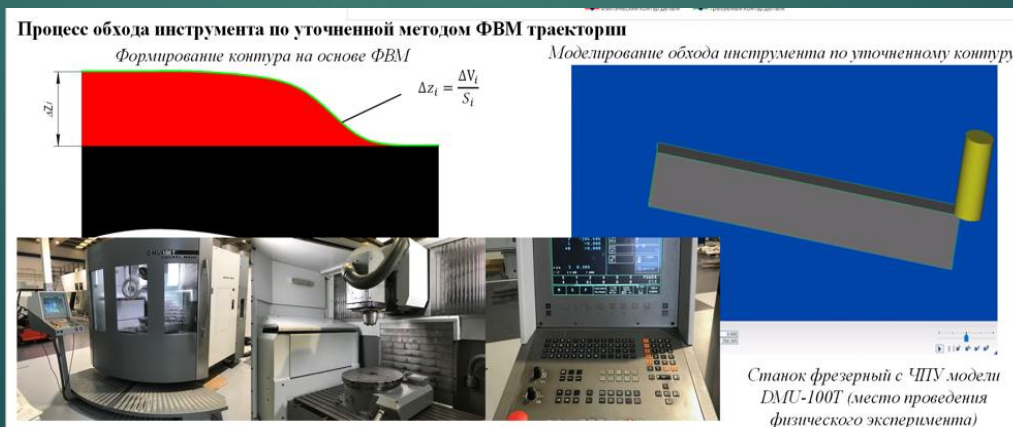
Решение ДУ



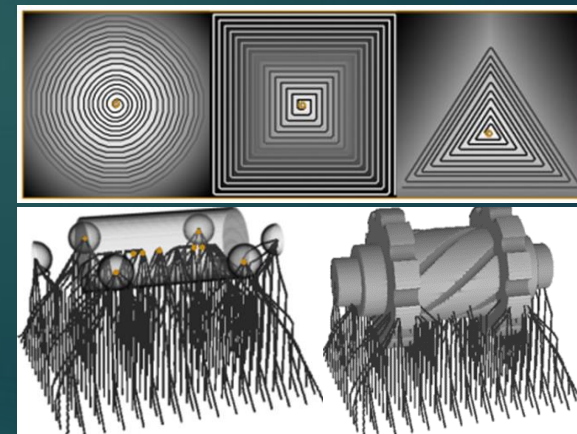
Инженерные расчёты ФВМ



Сопровождение технологических задач



Аdditивные технологии





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

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