



# Масштабирование технологий



Designed  
to work perfectly

# Масштабирование технологий

---

## Масштабирование технологий на оборудовании IKA®

- Постановка задачи надежного переноса процессов из лаборатории в массовое производство
- Место проведения исследований
- Прогрессивные техники смешивания для воспроизводства в лаборатории
- Параметры масштабирования
- magic LAB® - инновационная миниатюра производственных машин



## 1. Постановка задачи надежного переноса процессов из лаборатории в массовое производство



# 1. Постановка задачи

## Искомая машина

должна позволять:

- воспроизводить различные техники смешивания
- разрабатывать новые продукты
- производить продукт заданного качества
- оптимизировать процессы
- просчитывать время производства партии продукта или производительность индустриального оборудования, количество необходимого сырья
- существенно сокращать время на исследования и разработки

**Полезность**

обязана:

- иметь конструкцию, аналогичную производственным машинам
- быть оснащенной такими же рабочими инструментами, как и машины массового производства
- вводить энергию в систему таким же способом, каким это выполняют машины большей производительности
- достигать сопоставимых или равных параметров процесса, например, одинаковой окружной скорости ротора и удельной энергии

**Свойства**



## 2. Место проведения исследований: Компания IKA®-Werke, Германия



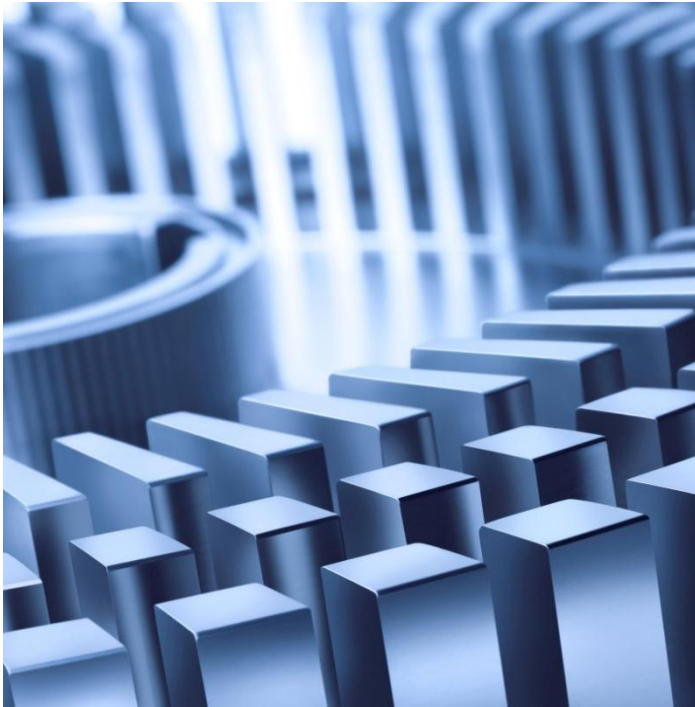
## 2. Место проведения исследований



**Группа компаний IKA® -** мировой лидер в области производства лабораторного, аналитического и технологического оборудования со столетней историей. Более 650 различных специалистов работают сегодня для компании IKA® в Германии, Соединенных Штатах Америки, Японии, Китае, Индии, Малайзии и Бразилии.



## 2. Место проведения исследований



### **Технологическое оборудование IKA®**

В области технологического оборудования компания IKA® занимает ведущую позицию благодаря инновационным технологиям диспергирования, смешивания, гомогенизации и сушки. Перемешивающие устройства, погружные и поточные диспергаторы, мощные месильные машины, целые производственные линии от компании IKA® применяются в фармацевтической, косметической, химической, пищевой и др. отраслях.



## 2. Место проведения исследований



### Конструкторское бюро

В настоящее время IKA® инвестирует в новые разработки. Множество продуктов компании запатентованы и отмечены наградами.



### Опытная лаборатория

В опытной лаборатории компании IKA® моделируются процессы, которые впоследствии воспроизводятся в промышленном производстве.



## 3. Прогрессивные техники смешивания для воспроизводства в лаборатории



### 3. Прогрессивные техники смешивания

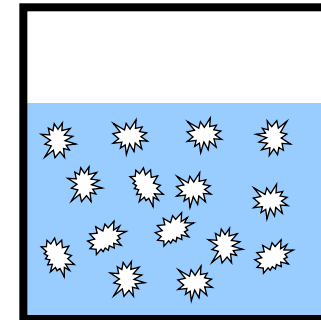
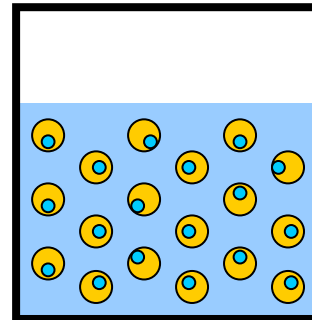
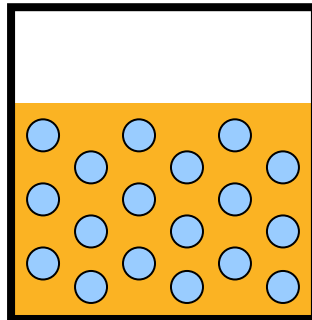
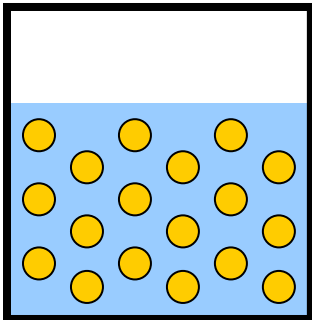
Чаще всего в фармацевтической и химической промышленности ставятся задачи по производству эмульсий и суспензий

Прямая  
«масло в воде»

Обратная  
«вода в масле»

Сложная  
«Вода-в-масле-в-воде»

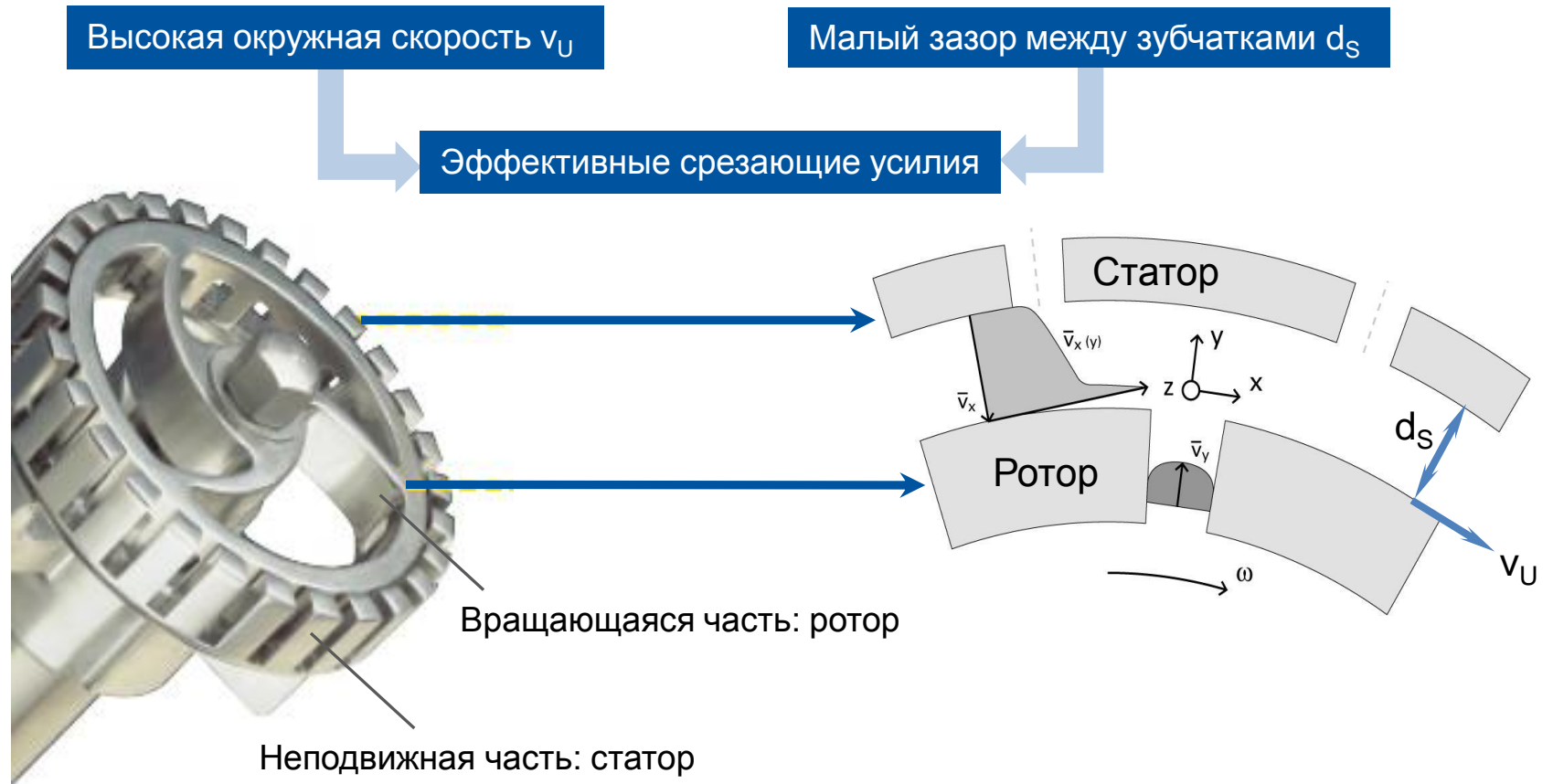
Твердые частицы  
в жидкости



Эмульсии

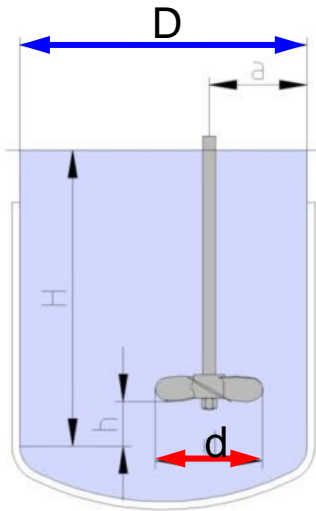
Суспензия

### 3. Прогрессивные техники смешивания



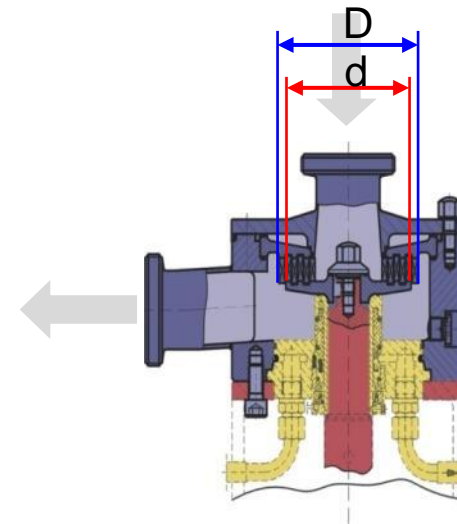
### 3. Прогрессивные техники смешивания

#### Перемешивающее устройство



Большой зазор между движущимся инструментом и неподвижной емкостью & медленная скорость вращения → низкая скорость сдвига & незначительный ввод энергии

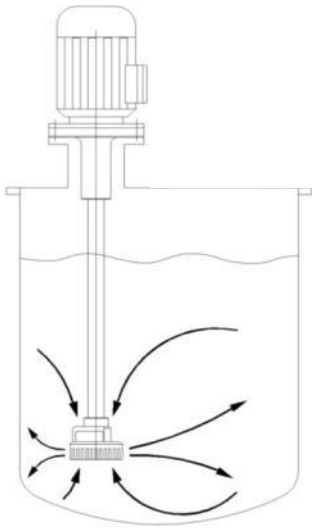
#### Система «ротор-статор»



Узкий зазор между ротором и статором & высокая окружная скорость ротора → высокая скорость сдвига & мощный ввод энергии

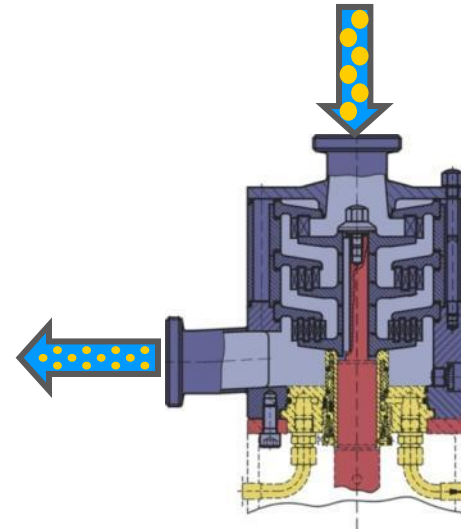
### 3. Прогрессивные техники смешивания

#### Периодический процесс



Эффект диспергирования нарастает со временем → трудно определяемое время процесса & широкий диапазон распределения частиц по размеру

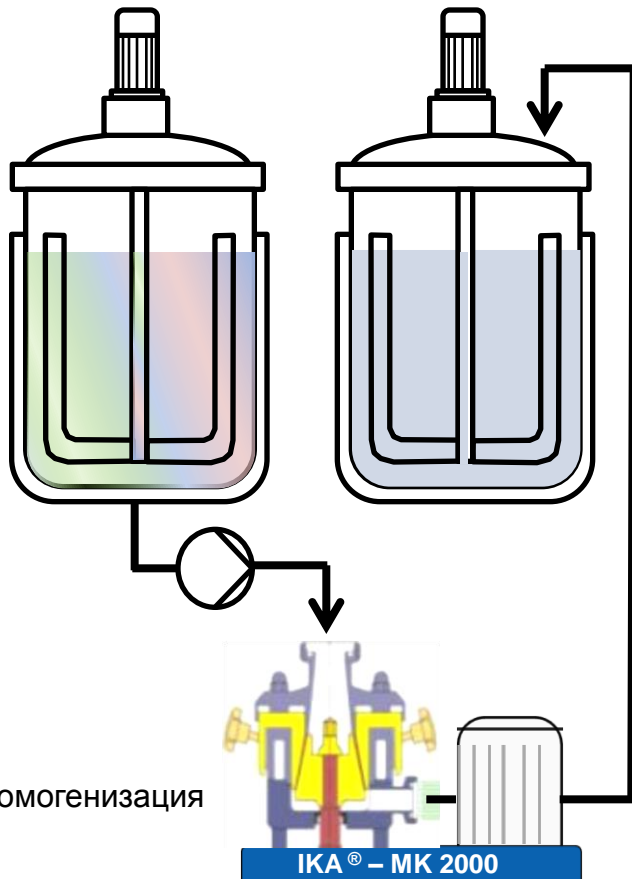
#### Процесс с поточной машиной



Качество диспергирования точно определяется количеством пассажей → эффективный процесс смешивания & узкий диапазон распределения частиц по размеру

## 3. Прогрессивные техники смешивания

предварительное  
смешивание



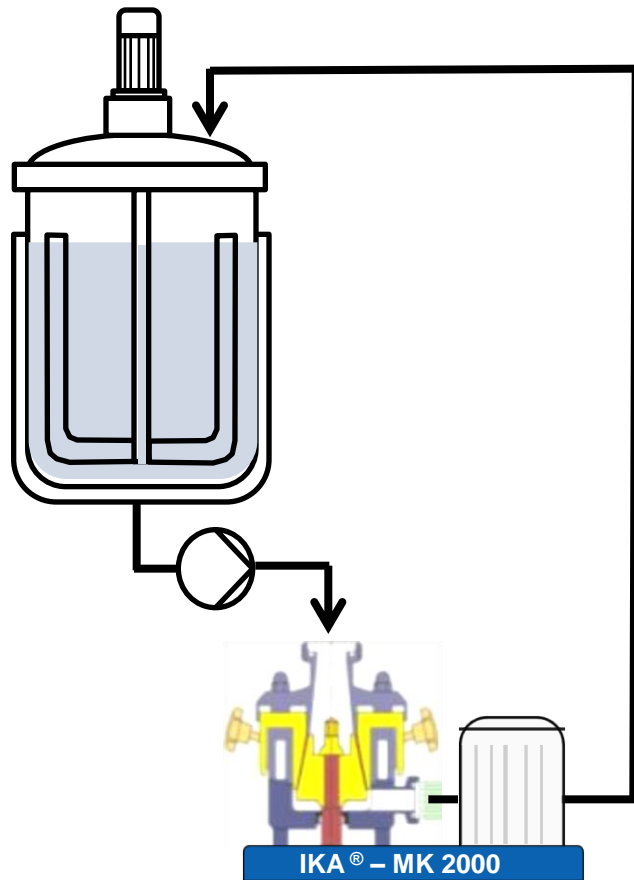
**Применение поточных машин:**

Пример 1:

Полунепрерывный процесс



## 3. Прогрессивные техники смешивания



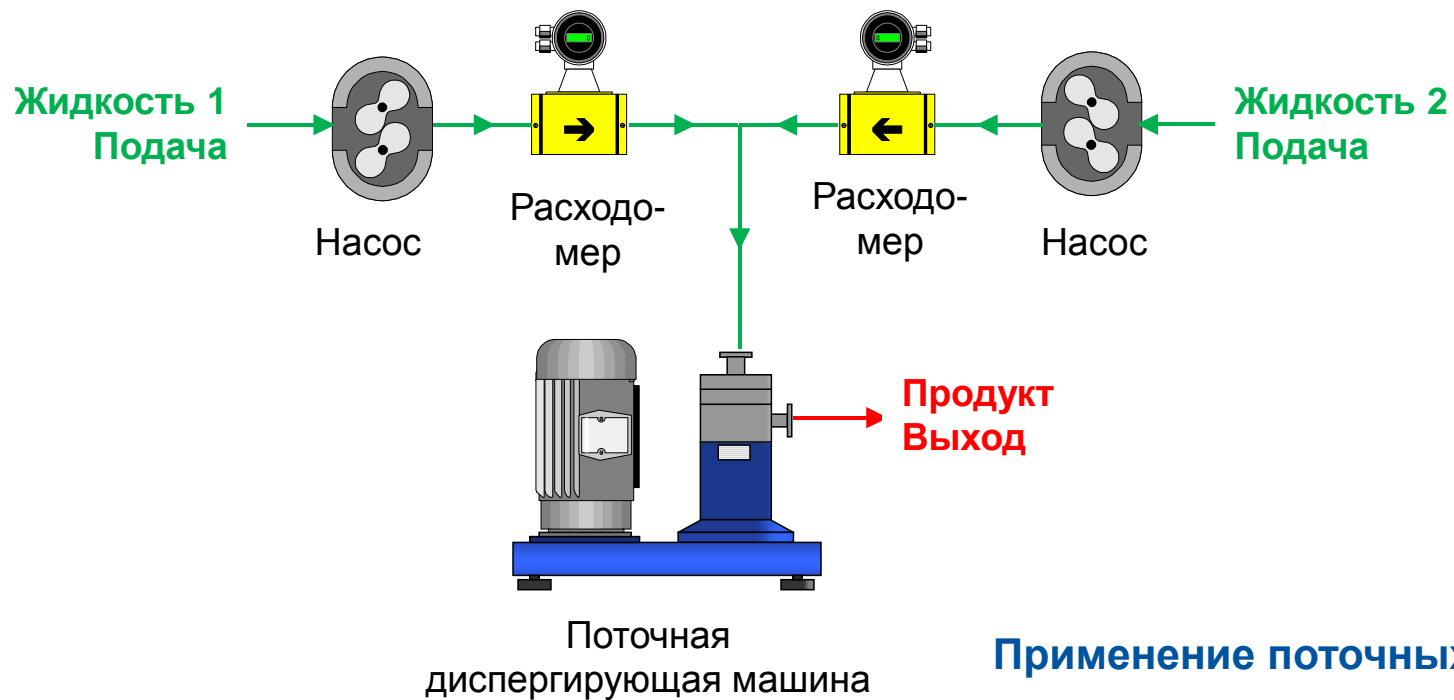
**Применение поточных машин:**

Пример 2:

Рециркуляция



## 3. Прогрессивные техники смешивания

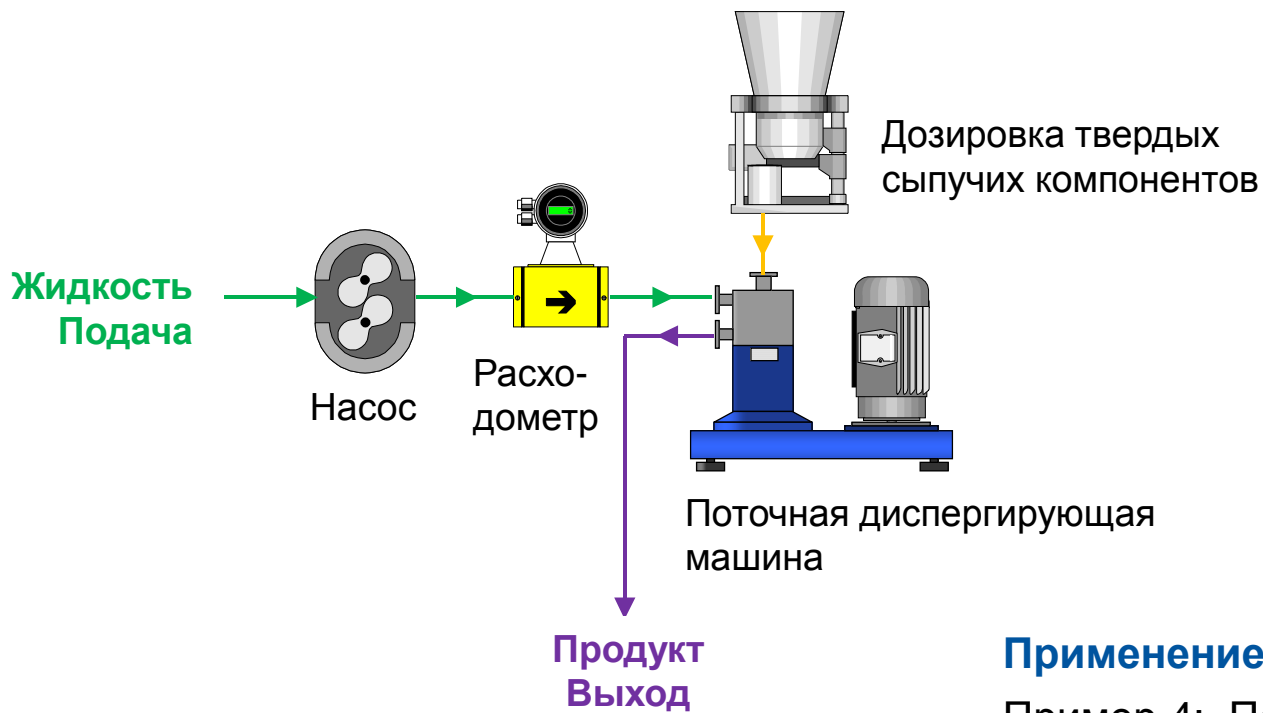


### Применение поточных машин:

Пример 3:

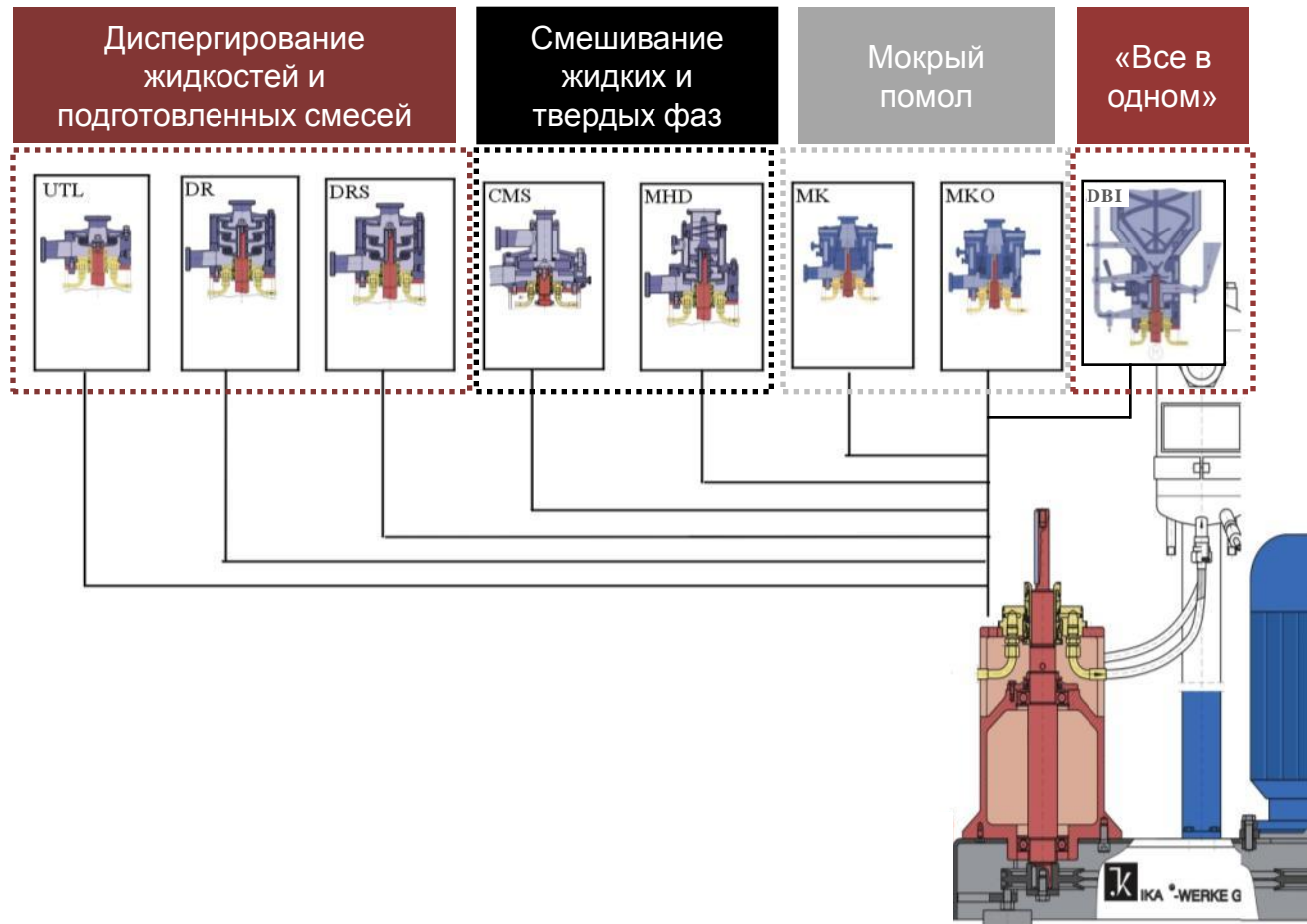
Полностью непрерывный процесс  
Смешивание двух жидкостей

## 3. Прогрессивные техники смешивания



**Применение поточных машин:**  
 Пример 4: Полностью непрерывный процесс / Смешивание жидких и твердых компонентов

## 3. Прогрессивные техники смешивания

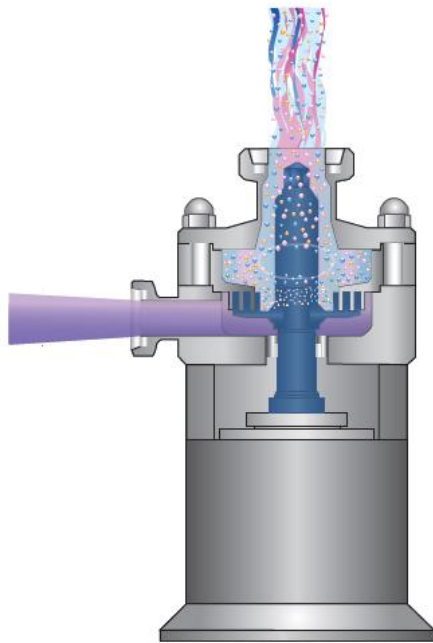


Модульная система IKA® для различных техник смешивания

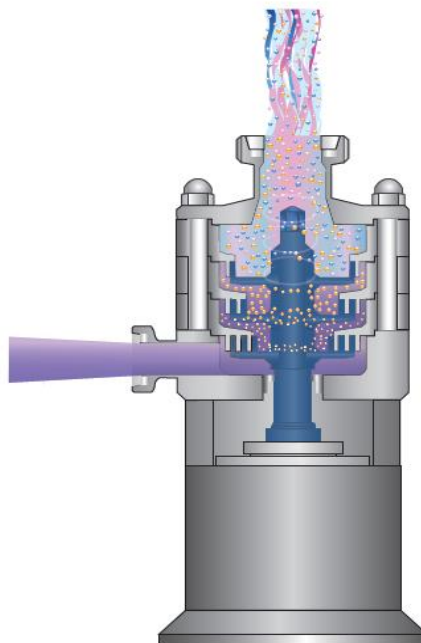


### 3. Прогрессивные техники смешивания

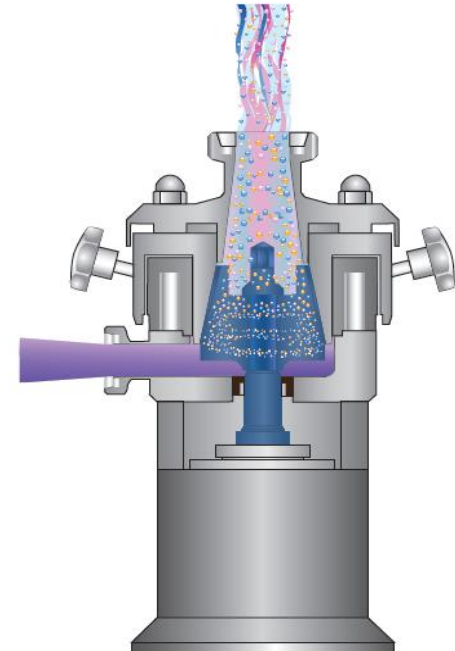
#### Диспергирование жидкостей и подготовленных смесей



ULTRA-TURRAX® UTL



DISPAX-REACTOR® DR



Коллоидная мельница МК

### 3. Прогрессивные техники смешивания

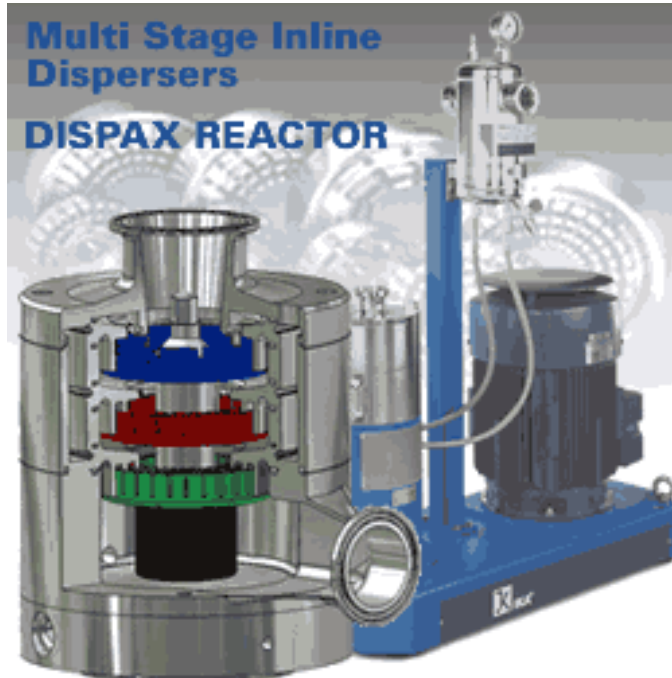


ULTRA-TURRAX® UTL

#### ULTRA-TURRAX® UTL

- Базовый модуль для одноступенчатого диспергирования в потоке
- Для смешивания жидкостей или подготовленных смесей, особенно при сильно отличающихся реологических свойствах компонентов
- Экономия времени до 50% относительно традиционного перемешивания
- Плавная регулировка частоты вращения
- Окружная скорость ротора 23 м/с при 50 Гц

## 3. Прогрессивные техники смешивания



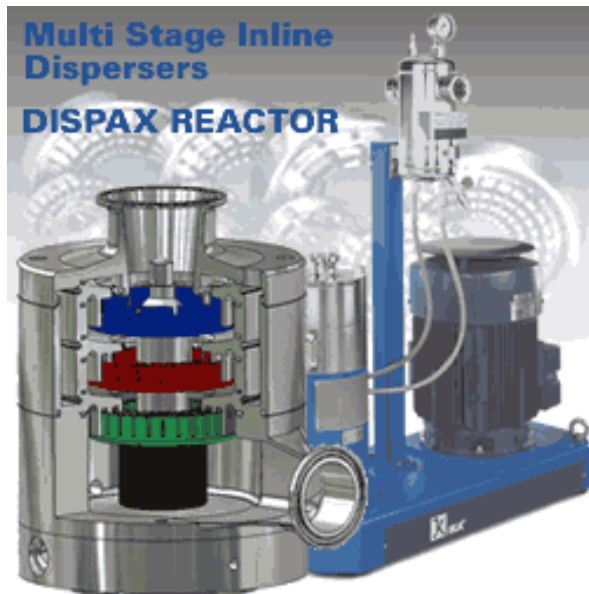
DISPAX-REACTOR® DR

### DISPAX-REACTOR® DR:

- Многоступенчатое диспергирование в потоке с целью производства гомогенных и стабильных эмульсий и суспензий
- Простая адаптация к свойствам продукта благодаря сменным генераторам
- Узкий диапазон распределения частиц по размеру уже после первого пассажа
- Плавная регулировка частоты вращения
- Окружная скорость 23 м/с при 50 Гц



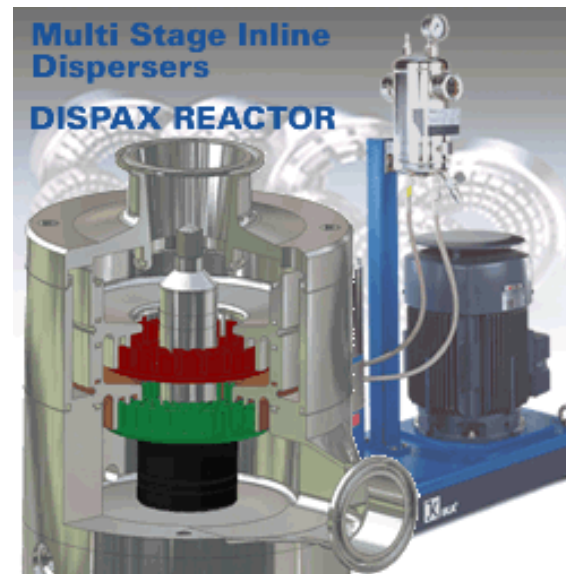
## 3. Прогрессивные техники смешивания



### **DISPAX-REACTOR® DR**

3-ступенчатое диспергирование

Скорость ротора: 23 м/с



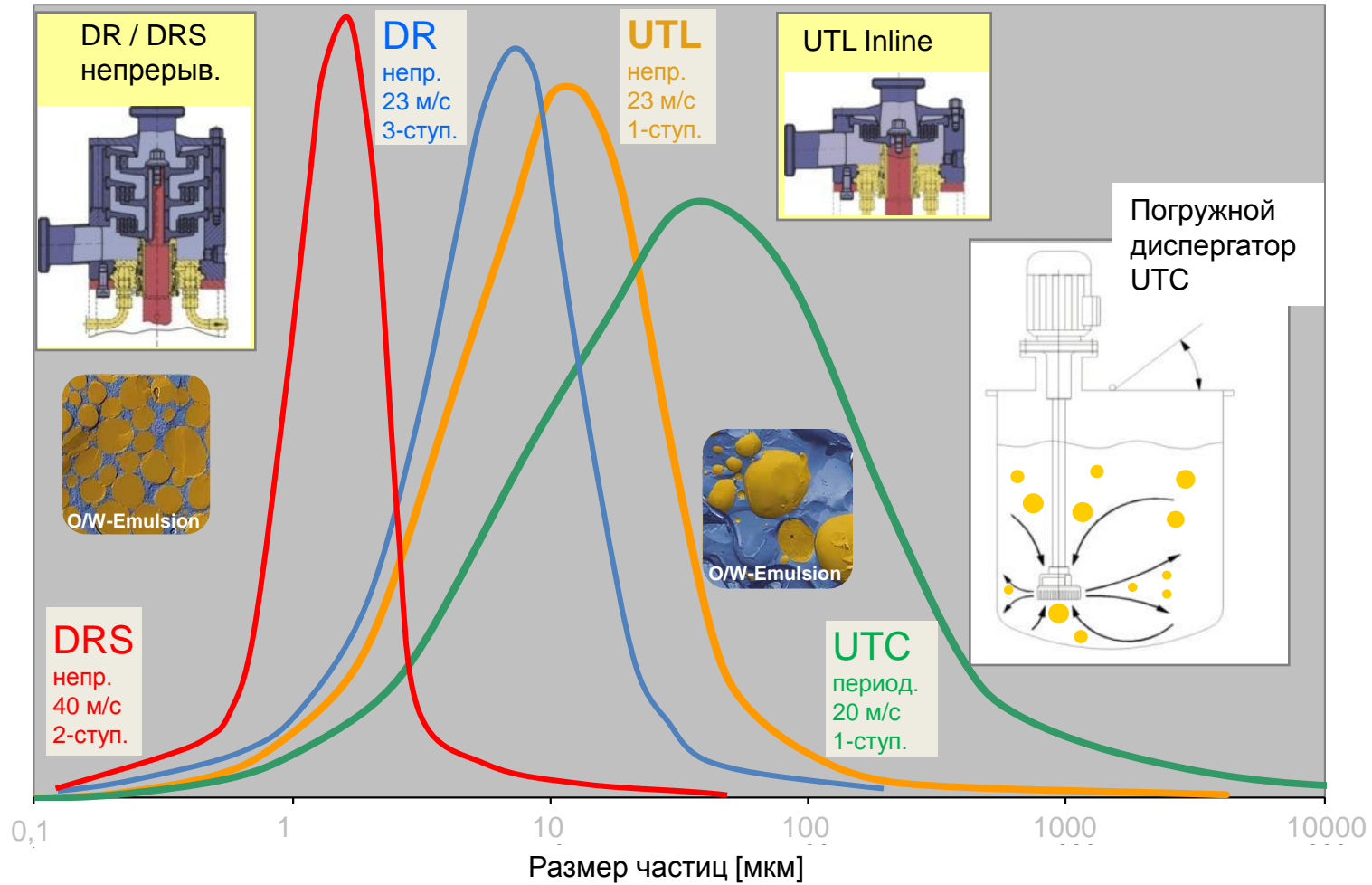
### **DISPAX-REACTOR® DRS**

2-ступенчатое тонкое диспергирование

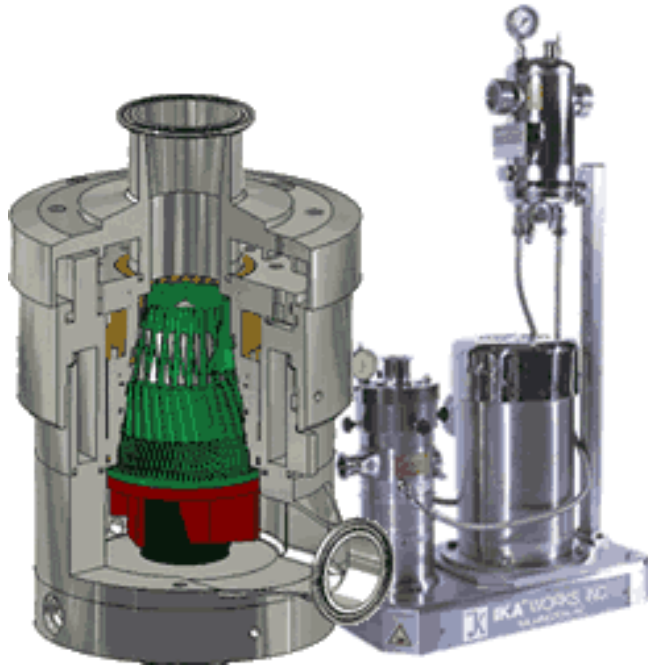
Скорость ротора: 40 м/с



## 3. Прогрессивные техники смешивания



## 3. Прогрессивные техники смешивания



Коллоидная мельница МК

### Коллоидная мельница МК:

- Измельчающий инструмент с косыми зубьями из нержавеющей стали
- Для мокрого помола / приготовления тонких эмульсий и суспензий
- Регулируемый зазор между конусами
- Плавная регулировка частоты вращения
- Окружная скорость 23 м/с при 50 Гц



### 3. Прогрессивные техники смешивания

---



#### **Коллоидная мельница МК**

Измельчающий инструмент с косыми зубьями из нержавеющей стали → отличный эффект диспергирования

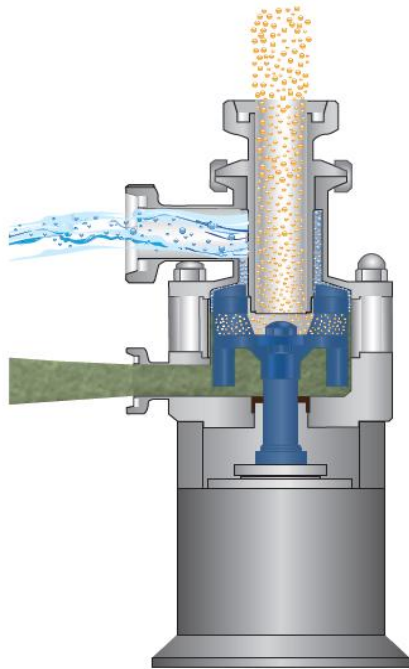


#### **Конусная мельница МКО**

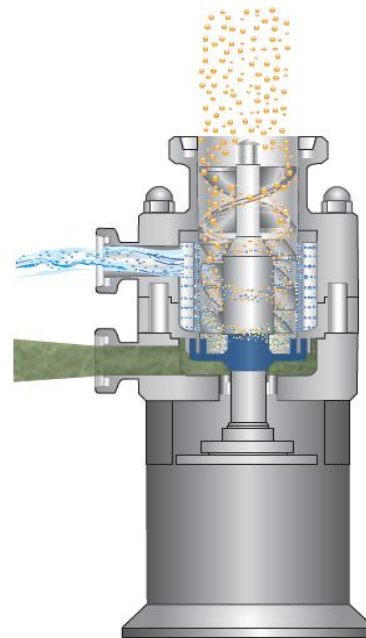
Измельчающий инструмент с абразивостойким покрытием из сплава карбида вольфрама и кобальта → особо тонкий помол для специальных применений

## 3. Прогрессивные техники смешивания

### Смешивание жидких и твердых компонентов



CMS: Ввод порошков в жидкости



MHD: Увлажнение порошков



## 3. Прогрессивные техники смешивания



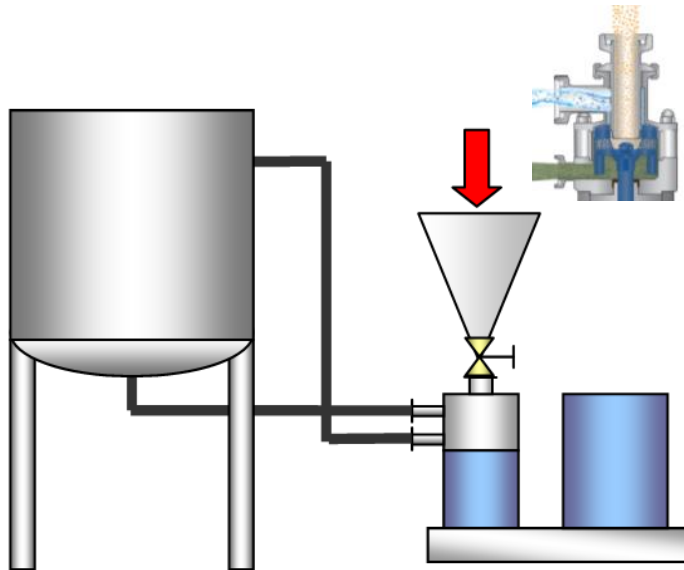
CMS 2000  
(периодический ввод порошков)

### CMS:

- Ввод порошков и гранулята в жидкости без образования пыли и комков. Мгновенное смешивание.
- Периодический процесс: рециркуляция
- Плавно регулируемая частота вращения ротора
- Окружная скорость: 27 м/с



### 3. Прогрессивные техники смешивания

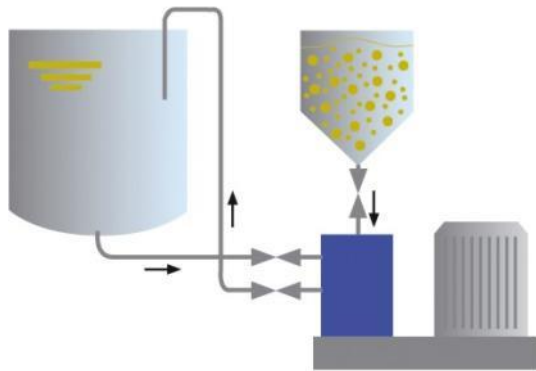


#### CMS: Принцип действия

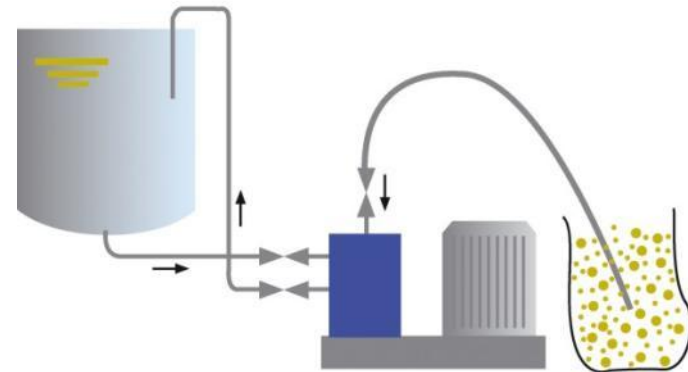
- Циркуляция жидкости
- За счет вращения ротора в машине CMS создается вакуум
- Порошок всасывается в смесительную камеру благодаря разрежению в ней
- Смешение твердых и жидких компонентов происходит непосредственно в зоне диспергирования машины CMS

Высокая турбулентность в рабочей камере → Эффективное смешивание, гомогенизация и дезагломерация

## 3. Прогрессивные техники смешивания



Всасывание порошка из  
загрузочного бункера



Подача порошка с помощью  
всасывающей фуры

### 3. Прогрессивные техники смешивания



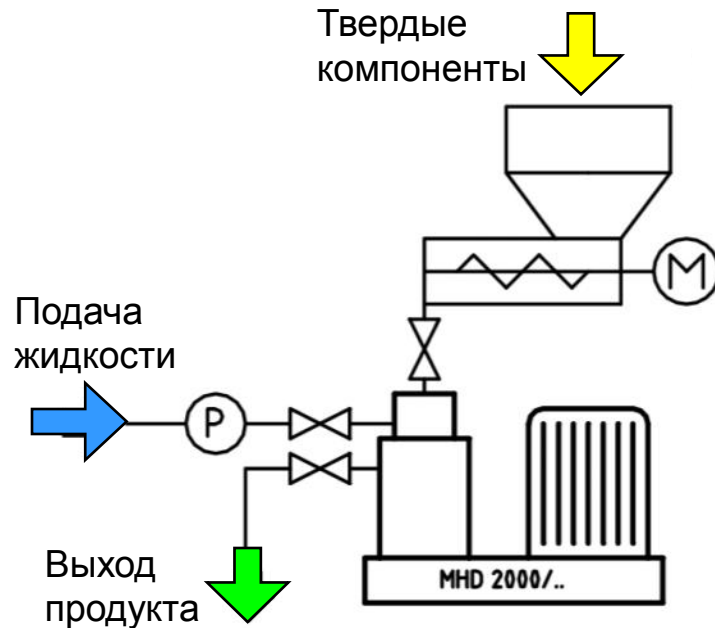
MHD 2000  
(непрерывный ввод порошков)

#### MHD:

- Для непрерывного ввода порошков
- Мгновенное увлажнение твердых частиц
- Готовый продукт уже через один пассаж
- Возможно приготовление смесей в потоке с содержанием твердых веществ до 80%
- Для материалов с вязкостью до 50.000 мПа·с
- Плавно регулируемая частота вращения ротора



## 3. Прогрессивные техники смешивания



MHD 2000: Диаграмма процесса

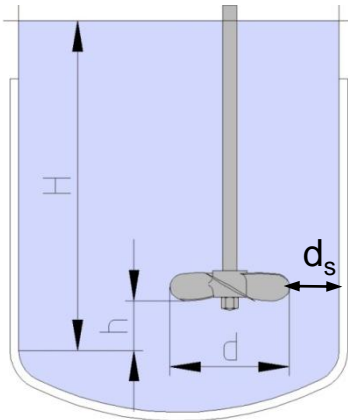
### MHD: Принцип действия

- Непрерывный процесс
- Два горизонтальных подключения для жидкости (впускное отверстие для жидкости и выпускное отверстие для готового продукта) и одно вертикальное подключение для твердых компонентов
- Жидкости и твердые компоненты должны подаваться в машину дозированно

## 4. Параметры масштабирования



## 4. Параметры масштабирования



Окружная скорость:

$$v_U = \pi \times d \times \frac{n}{60}$$

Градиент скорости:

$$R_s = \frac{v_U}{d_s}$$

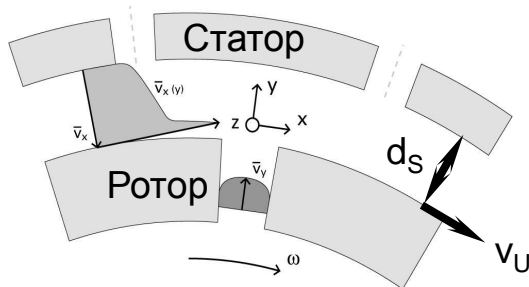
Частота совпадения интервалов между зубьями:

$$F_S = n \times S_{\text{ротор}} \times S_{\text{статор}}$$

Индекс

диспергирования:

$$I_s = f(R_s, F_s)$$



$d$  = Диаметр ротора [м]

$n$  = Частота вращения ротора [мин<sup>-1</sup>]

$d_s$  = Зазор между зубчатками [м]

$S$  = Количество зубьев

## 4. Параметры масштабирования

---

Удельная энергия:

$$E_{\text{уд.}} = \frac{\text{Суммарная энергия}}{\text{Объем загрузки}}$$

Удельная мощность:

$$P_{\text{уд.}} = \frac{\text{Суммарная мощность}}{\text{Пропускная способность}}$$

Время протока через рабочую камеру:

$$t_{\text{дисп}} = \frac{\text{Объем рабочей камеры}}{\text{Пропускная способность}}$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\text{Плотность} \times \text{Скорость потока} \times \text{Диаметр}}{\text{Динамическая вязкость}}$$



# 4. Параметры масштабирования

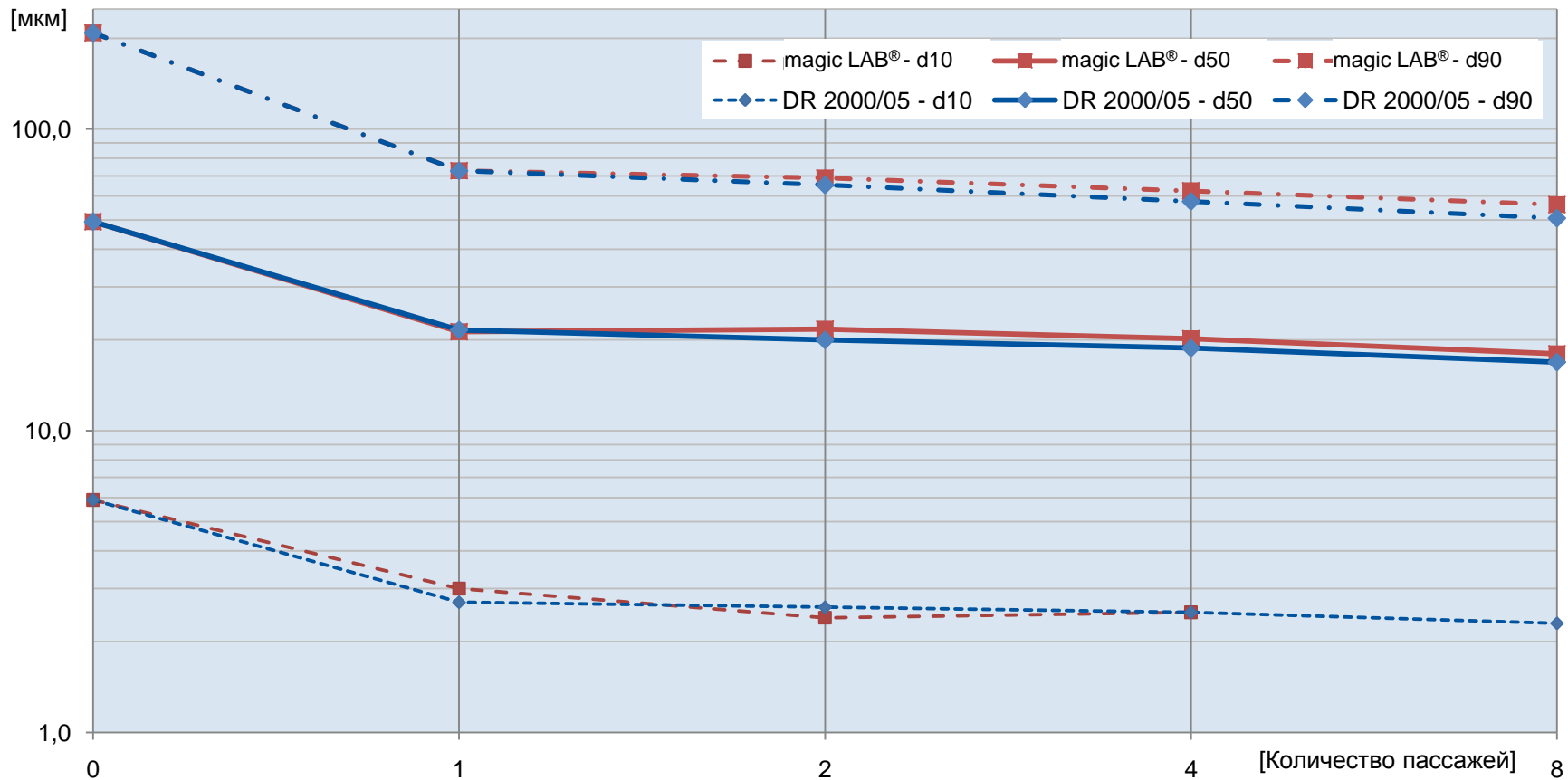
Параметр	DR 2000/03 (magic LAB®)			DR 2000/05		
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Конструктивные параметры</p> <p>Рабочие параметры</p> <p>Расчет № 1</p> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Расчет № 2</div> <div style="text-align: center;"> <p>Конструктивные параметры</p> <p>Рабочие параметры</p> <p>3. Задание установок 4. Испытание</p> </div> </div>					
	I	II	III	I	II	III
Частота совпадения интервалов между зубьями, с <sup>-1</sup>	38.500	38.500	38.500	122.573	122.573	122.573
Градиент скорости, с <sup>-1</sup>	172.700	145.068	117.436	56.379	45.855	35.331
Индекс диспергирования, с <sup>-2</sup> ·10 <sup>6</sup>	6.649	5.585	4.521	6.910	5.621	4.331
Индекс диспергирования 6F, с <sup>-2</sup> ·10 <sup>6</sup>		16.755			16.862	
Индекс диспергирования, 3 x 6F, с <sup>-2</sup> ·10 <sup>6</sup>		50.266			50.585	



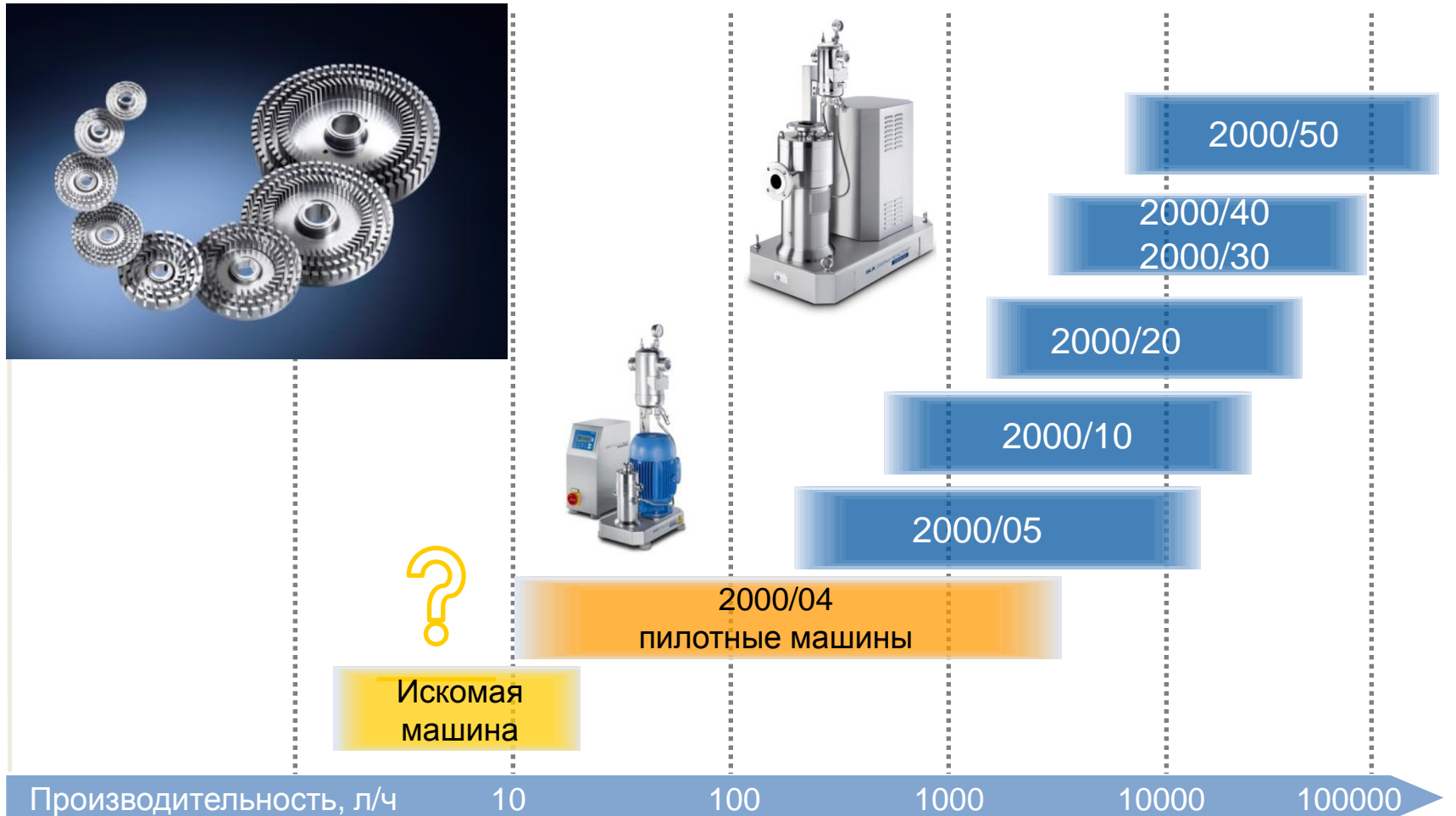
## 4. Параметры масштабирования

### DR 2000/05 в сравнении с DR 2000/03 (magic LAB®)

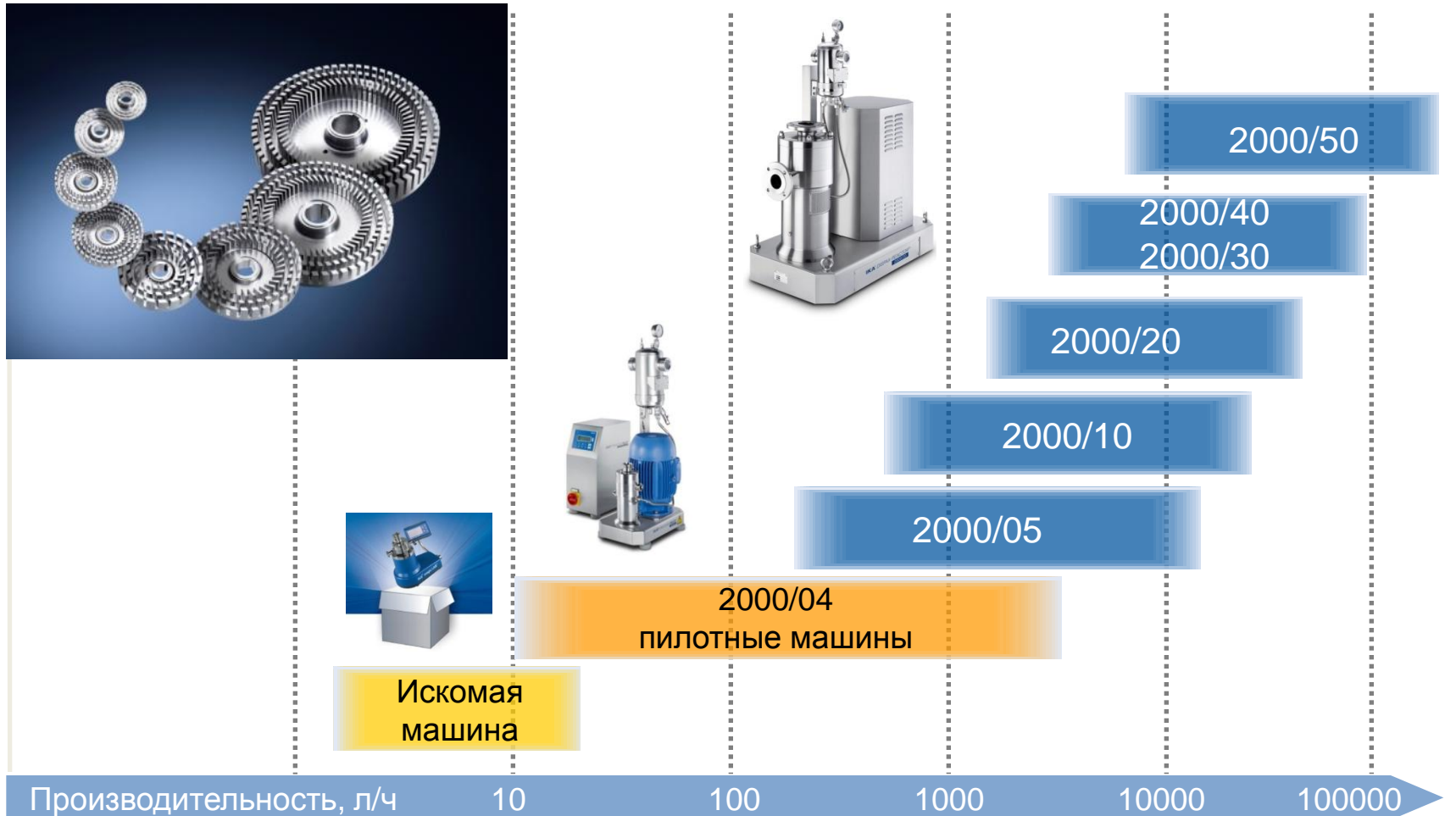
Результаты измельчения – при одинаковом индексе диспергирования



## 4. Параметры масштабирования



## 4. Параметры масштабирования



## 5. magic LAB®: Инновационная миниатюра производственных машин



## 5. IKA® magic LAB®



Модуль Коллоидная  
мельница МК / МКО



Модуль CMS



Модуль DISPAX-REACTOR® DR



magic LAB® с модулем ULTRA-TURRAX® UTL



Модуль MHD



## 5. IKA® magic LAB®



IKA® magic LAB® с модулем Micro-Plant 1 л



IKA® magic LAB® с модулем Micro-Plant 2 л



IKA® magic LAB® как CMS-установка (смешивание жидкостей с порошками в процессе рециркуляции)



IKA® magic LAB® в качестве погружного диспергатора UTC



## 5. IKA® magic LAB®



Для разработки рецептов и определения параметров процесса



## 5. IKA® magic LAB®

Циркуляционный контур



Двустенная закрытая емкость объемом 2.000 мл

Сменные модули:  
UTL / DR / МК / МКО

Для разработки рецептов и определения параметров процесса



## 5. IKA® magic LAB®



IKA® magic LAB® с кейсом для транспортировки

Управляющий и информационный центр к magic LAB®. Возможна поставка опционального программного обеспечения labworldsoft®.



## 5. IKA® magic LAB®



### Когда применяется magic LAB®?

- Для разработки рецептур
- Для фиксирования хода протекания процессов и технологических параметров: частота вращения ротора, индекс диспергирования, температура и время
- Для выявления оптимальных смешивающих и диспергирующих модулей



## 5. IKA® magic LAB®



### Одноименные машины серии 2000 всех размеров:

- Работают с равными окружными скоростями ротора
- Имеют аналогичную конструкцию
- Оснащены смешивающими рабочими инструментами одного дизайна
- Обеспечивают ввод в систему равной удельной энергии
- Имеют сравнимые зазоры между ротором и статором
- Гарантируют одинаковые результаты диспергирования



## 5. IKA® magic LAB®

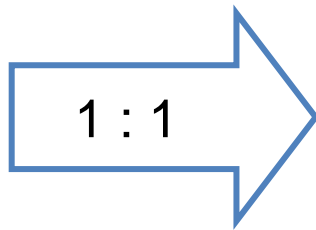


### Из этого вытекают преимущества:

- Беспроблемный перенос технологий из лаборатории в производство при сохранении качества продукта
- Точное определение размера промышленной машины для заранее запланированной, желаемой производительности
- Сокращение времени на исследования и разработки



## 5. IKA® magic LAB®



## Ваши вопросы?



**Благодарю за Ваше внимание!**

