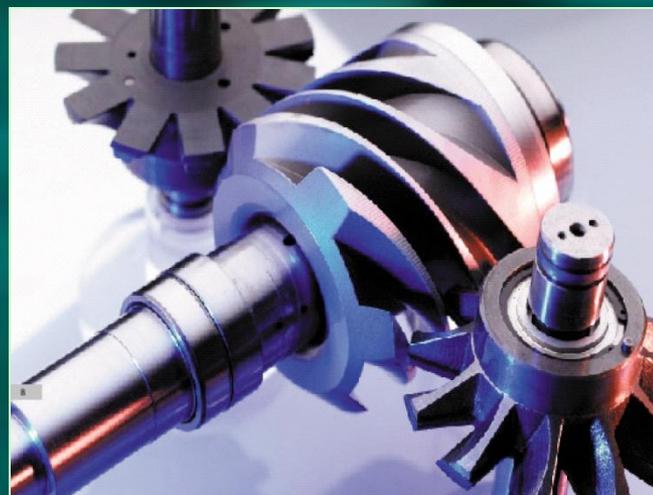


# Два типа конструкции ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРОВ



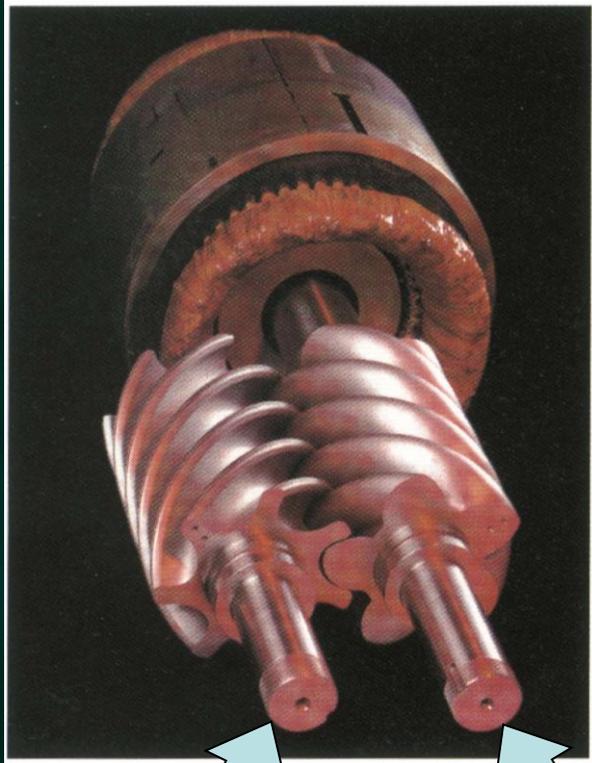
## ДВУХВИНТОВОЙ

Bitzer, Carrier, Trane, York, Hitachi,  
Dunham Bush

## ОДНОВИНТОВОЙ

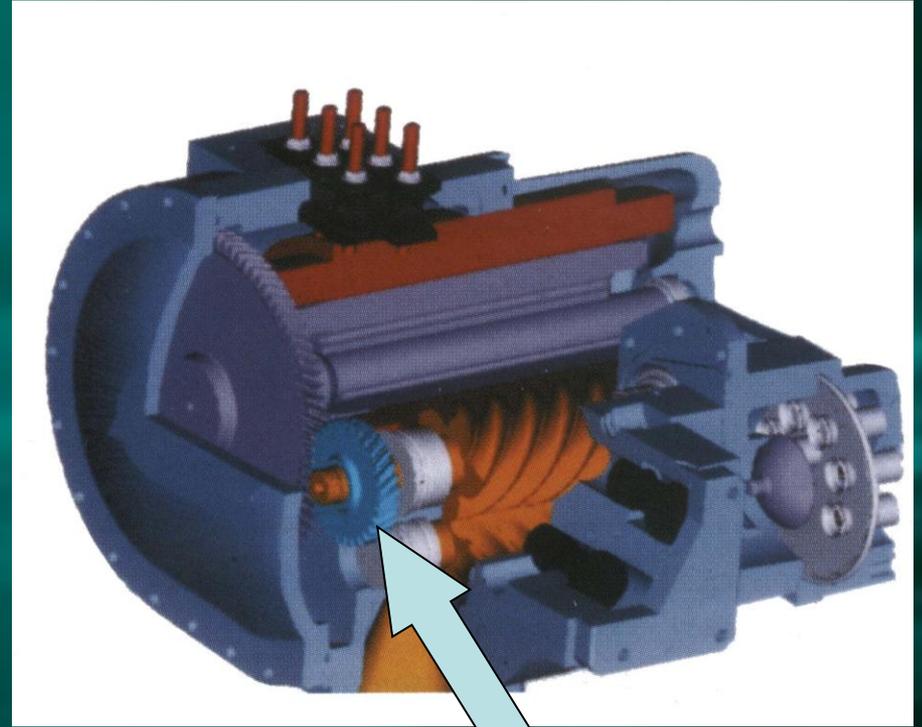
McQuay, Daikin, Melco, Vilter,  
J@E Hall

# 2-х винтовая конструкция - передача трансмиссии ротору



ВЕДОМЫЙ РОТОР      ВЕДУЩИЙ РОТОР

**НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ  
ПРИВОД ОТ ЭЛ. ДВИГАТЕЛЯ**

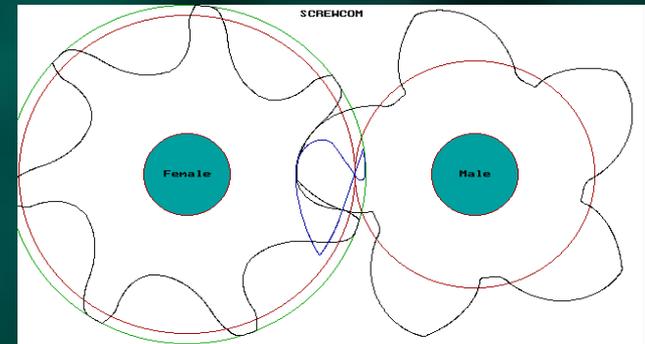
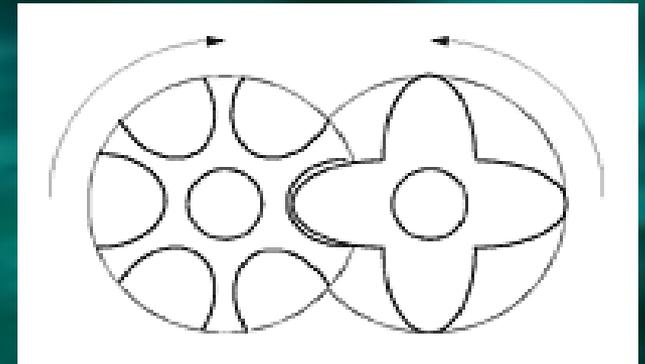
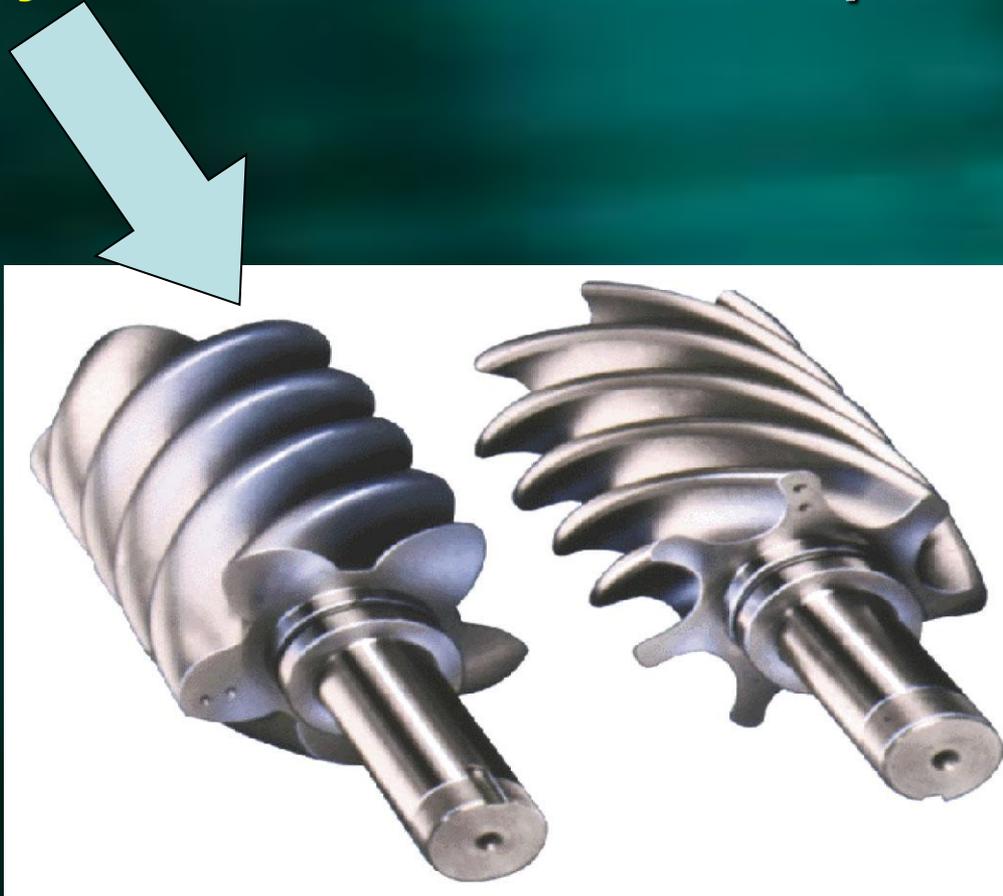


**ТРАНСМИССИЯ  
ЧЕРЕЗ ЗУБЧАТУЮ  
ПЕРЕДАЧУ**

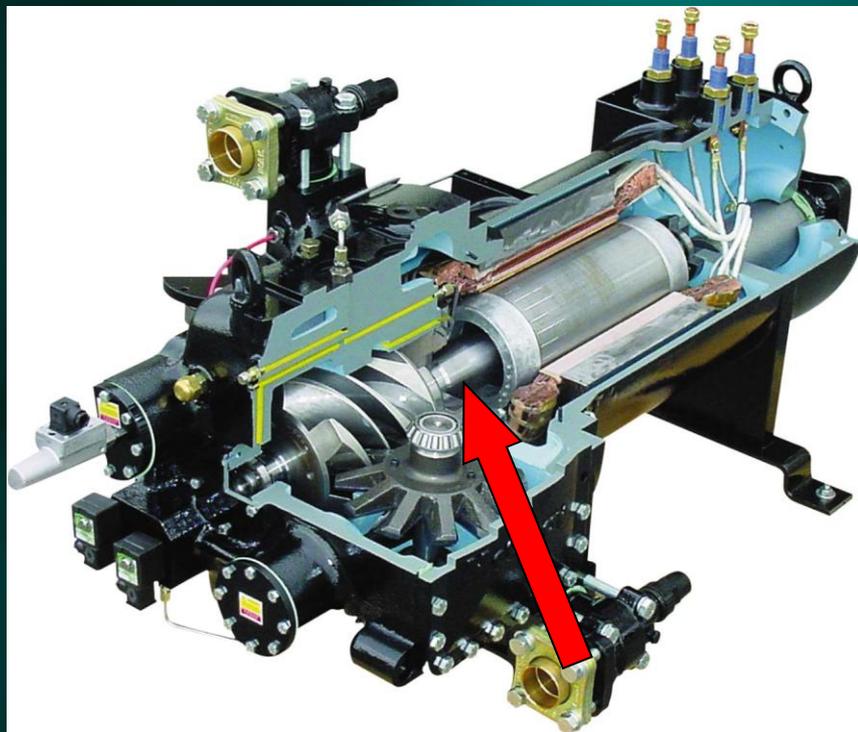
# 2-х винтовая конструкция

4 зуба ведущего и 6 канавок ведомого роторов → компрессор большой произ-ти

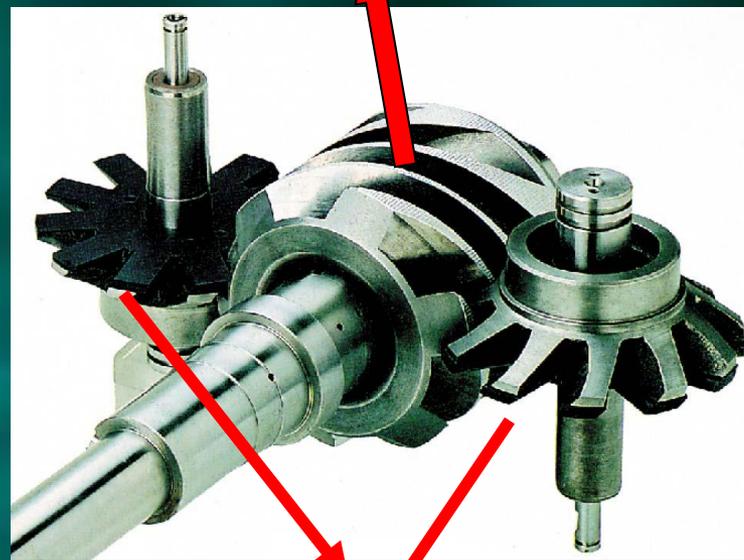
5 зубьев и 7 канавок → компрессор средней произ-ти



# Одновинтовая конструкция (McQuay)



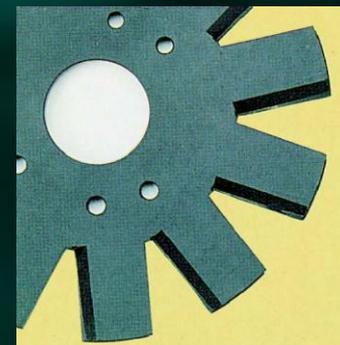
ВЕДУЩИЙ ВИНТОВОЙ РОТОР - 6 канавок



ВЕДОМЫЕ ЗАТВОРНЫЕ РОТОРЫ - 11 зубцов

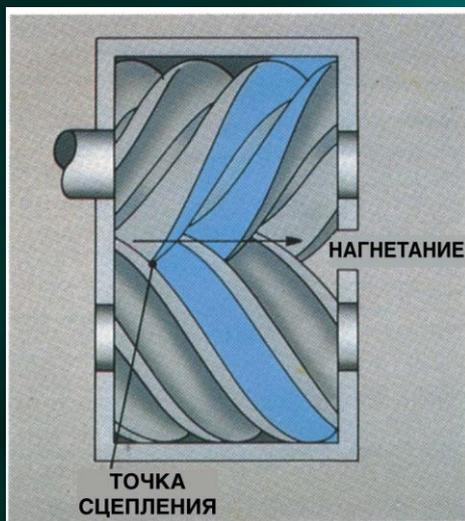
**Непосредственный привод  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ - ВИНТ**

**2-х полюсной электродвигатель →  
около 2950 об/мин**



# 2-х винтовой компрессор - основные процессы

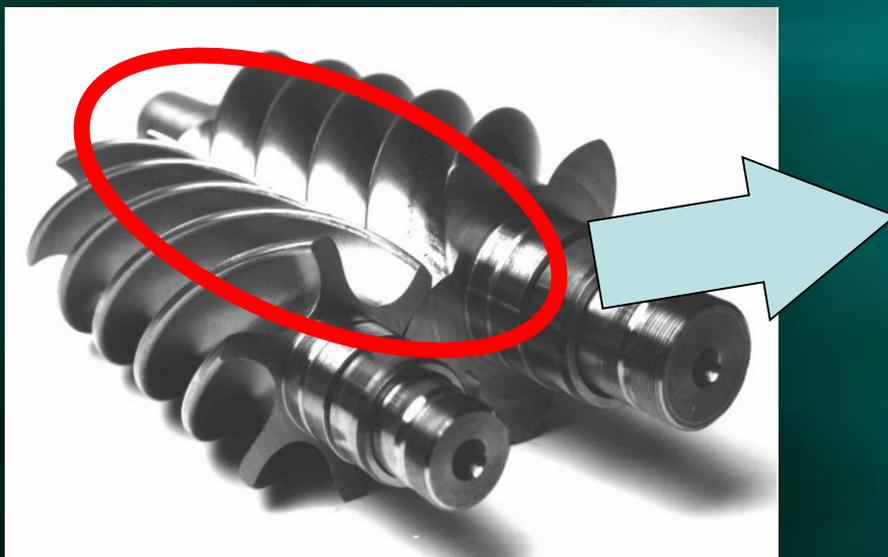
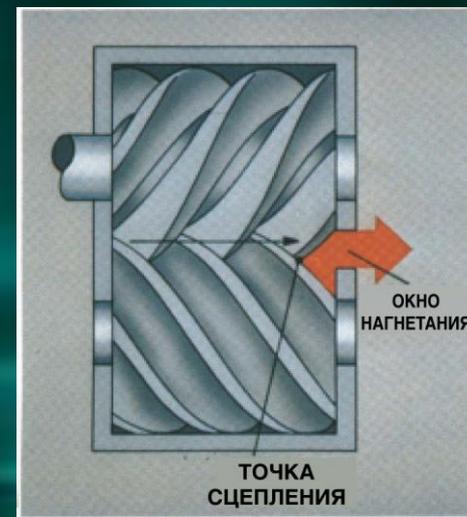
ВСАСЫВАНИЕ



СЖАТИЕ



НАГНЕНИЕ



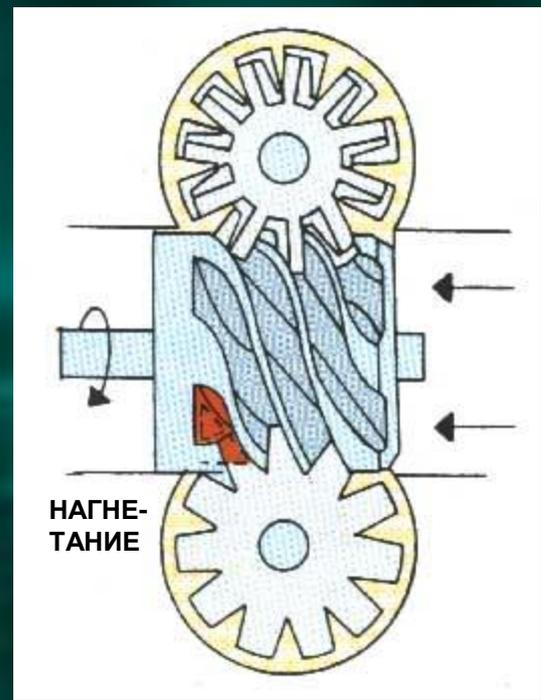
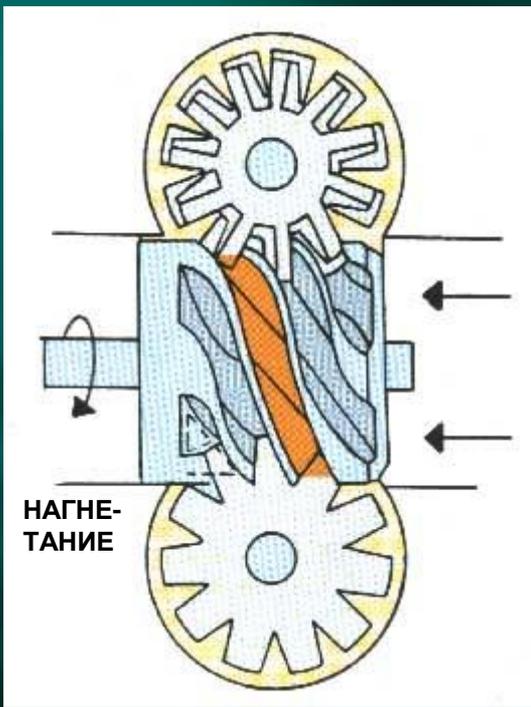
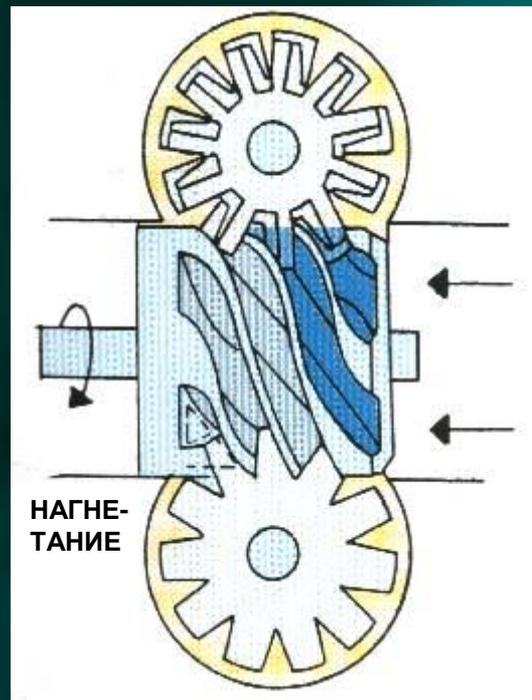
**Сжатие газа происходит ТОЛЬКО В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ обоих роторов**

# Одновинтовой компрессор - основные процессы

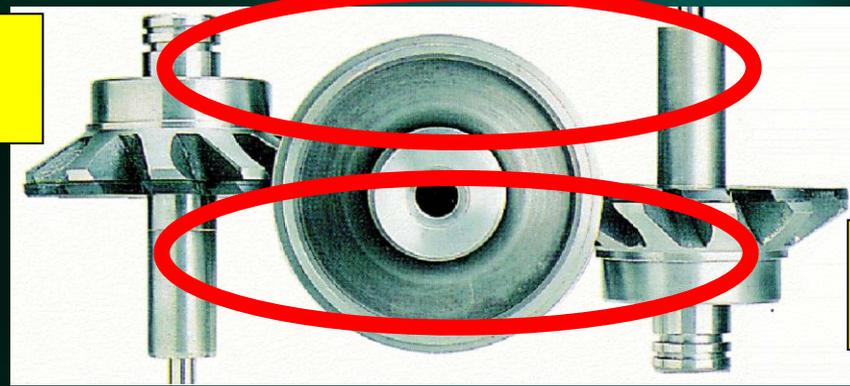
ВСАСЫВАНИЕ

СЖАТИЕ

НАГНЕТАНИЕ



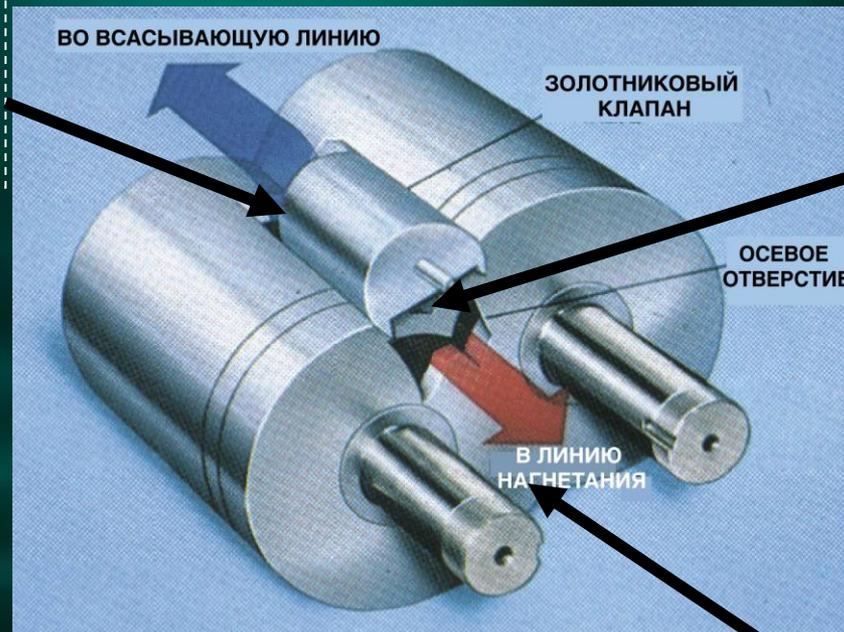
Сжатие в верхней части ротора



Сжатие в нижней части ротора

# Регулирование производительности в 2-х винтовом компрессоре

Перепускание  
(байпасирование)  
сжимаемого газа  
на сторону  
всасывания



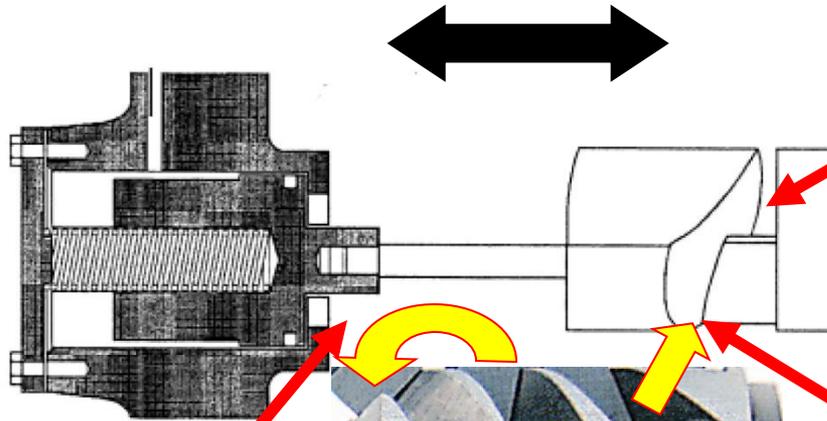
ЗОЛОТНИКОВЫЙ  
КЛАПАН  
ступенчатого или  
модулирующего  
действия

Некоторые компрессоры могут  
оснащаться клапаном,  
регулирующим  
производительность за счет  
изменения геометрии  
нагнетательного отверстия

Сжатый газ  
поступает в  
конденсатор

# Регулирование производительности в одновинтовом компрессоре

Горизонтальное перемещение  
золотникового клапана



**ЗОЛОТНИКОВЫЙ  
КЛАПАН**  
ступенчатого или  
модулирующего  
действия

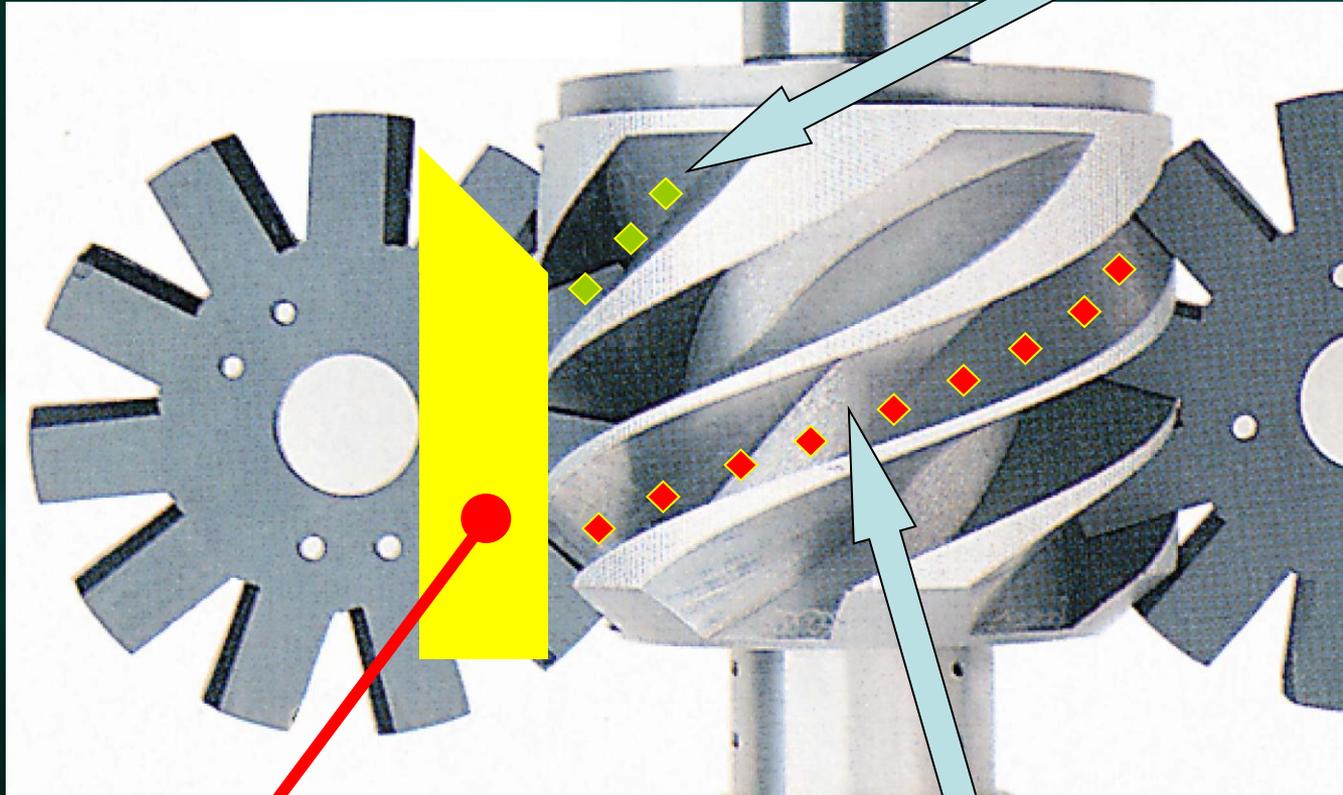
Байпасирование  
газа до  
выполнения  
компрессором  
полной  
механической  
работы  
уменьшает  
потери  
эффективности



Сжатый газ подается  
к конденсатору через  
нагнетательное  
отверстие,  
геометрические  
размеры которого  
изменяются при  
перемещении  
золотникового  
клапана

# Регулирование степени сжатия

Объем непосредственно перед нагнетанием  
(равен объему полости)

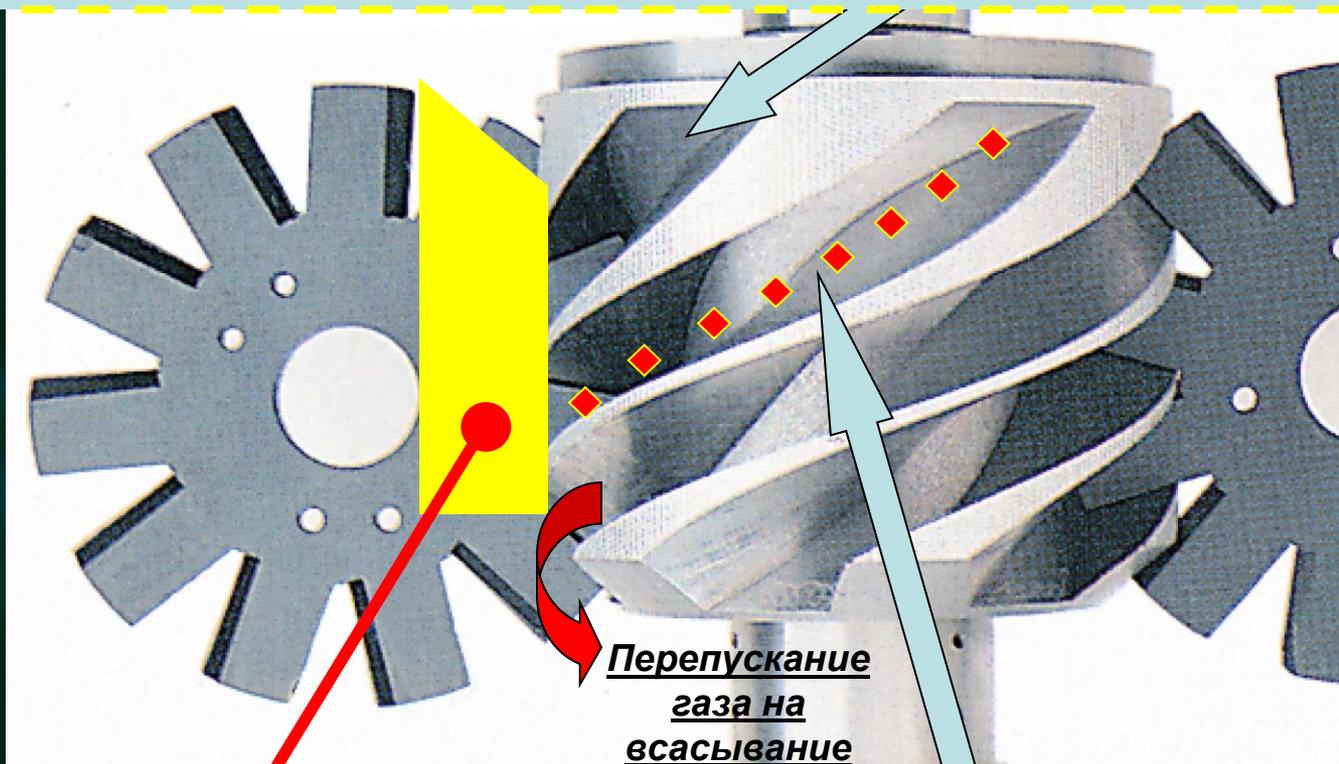


Позиция золотника  
при полной нагрузке  
(100%)

Объем  
непосредственно в  
начале сжатия  
(равен объему полости)

# Регулирование степени сжатия

Для поддержания определенной степени сжатия необходимо уменьшить объем нагнетания, что обеспечивается перекрытием золотником указанной полости



Позиция золотника при частичной нагрузке

Т.о. СОКРАЩАЕТСЯ объем сжимаемого газа

# Одновинтовые компрессоры McQuay - основные преимущества

■ **ИСКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ** за счет сбалансированности воздействия нагрузок на ведущий ротор, особому подбору материалов роторов, возможности использования для затворных роторов подшипников со сроком службы 200 000 рабочих часов

■ **НИЗКИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ** за счет использования специального материала для затворных роторов и точности механической обработки деталей, что позволяет обеспечить практически “нулевой зазор” между поверхностями ведущего и ведомых роторов, следовательно герметичность сторон высокого и низкого давления.

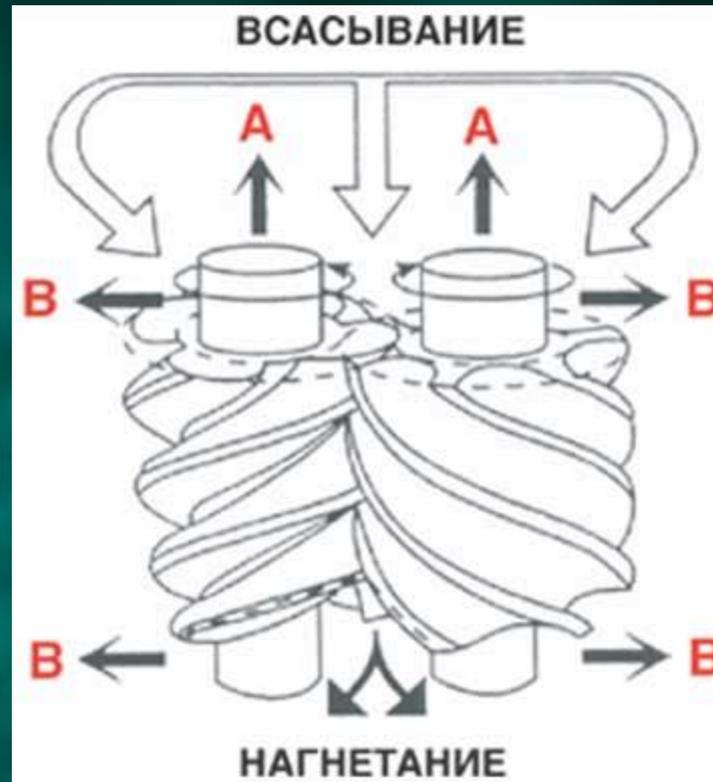
■ **НИЗКИЙ УРОВЕНЬ ШУМА И ВИБРАЦИЙ** за счет минимального количества подвижных частей, отсутствия возвратно-поступательных движений, равномерности подачи хладагента за счет высокой скорости вращения

■ **ПРОСТОТА ОБСЛУЖИВАНИЯ** за счет возможности проведения инспекционных проверок непосредственно на месте установки.

# Воздействие нагрузок в 2-х винтовом компрессоре



Рабочий процесс в компрессоре выполняется только с одной стороны винтов



Одностороннее сжатие в 2-х винтовом компрессоре приводит

к

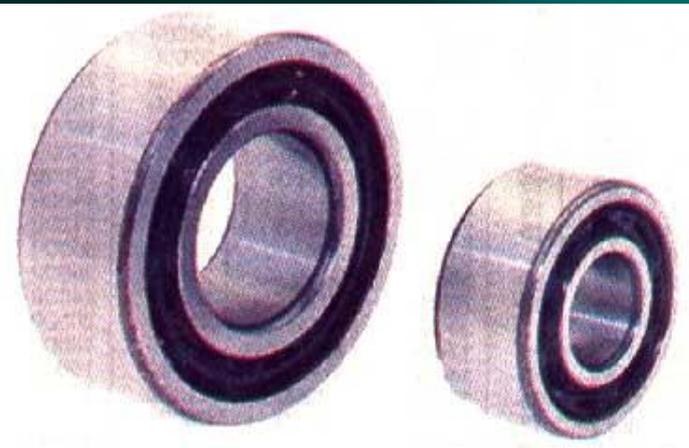
несбалансированности воздействия нагрузок на роторы

**A** → ОСЕВЫЕ НАГРУЗКИ

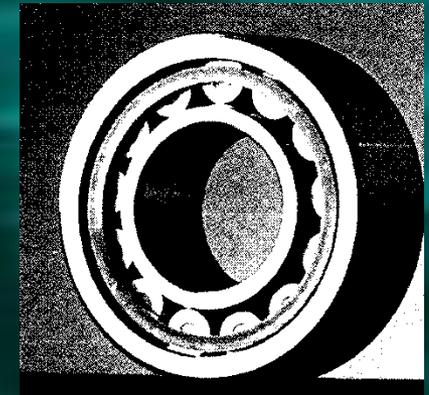
**B** → ПОПЕРЕЧНЫЕ И РАДИАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

$B = \text{около } 60\% \text{ от } A$

# Подшипники в 2-х винтовом компрессоре



**Сбалансированность воздействия нагрузок - основной фактор, определяющий износ подшипников, т.е. срок службы и надежность компрессора**

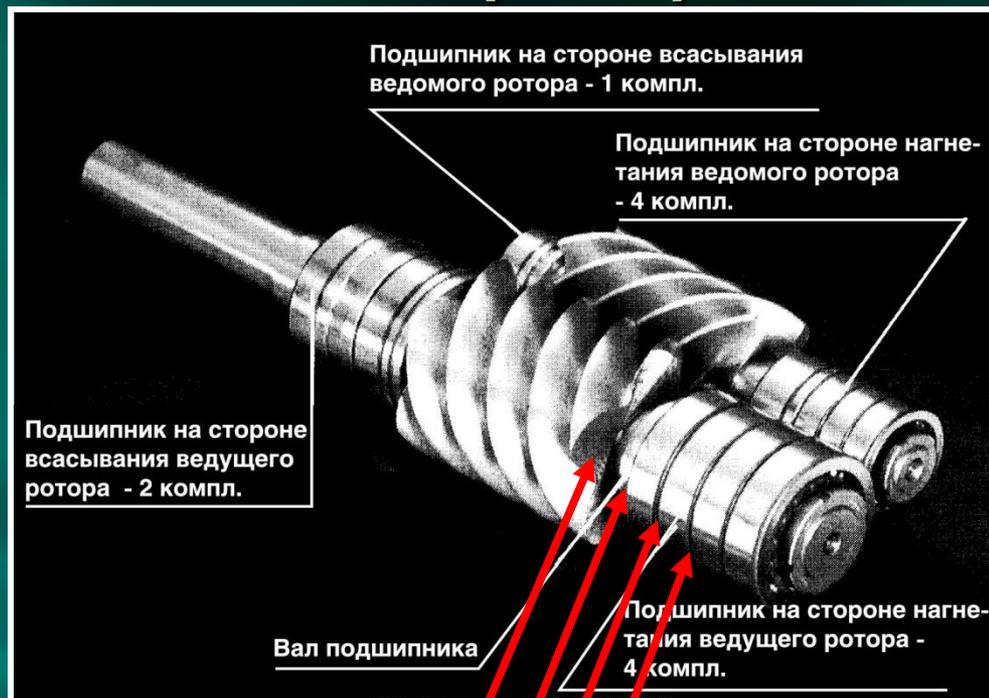
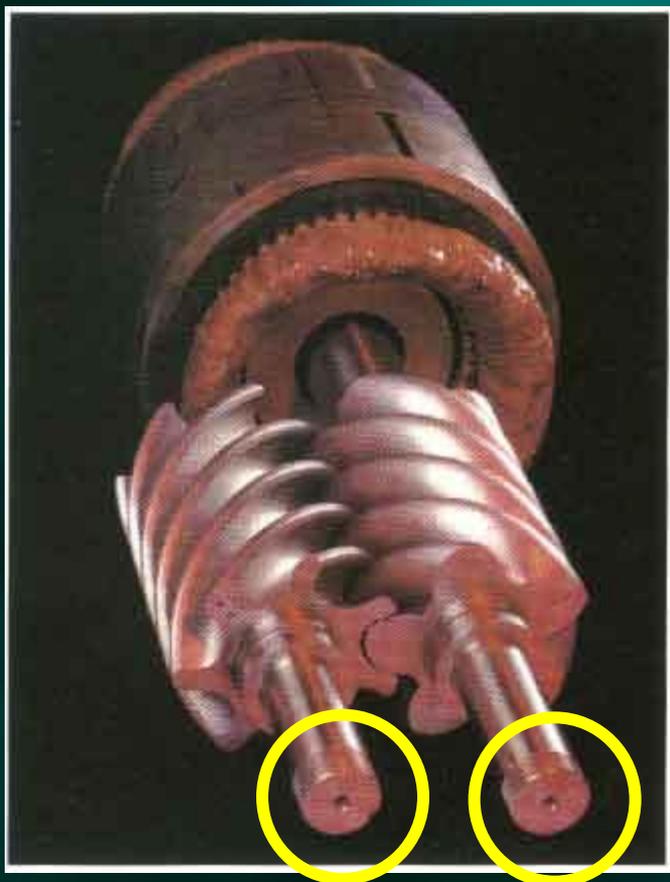


**Очень высокие осевые нагрузки требуют использования подшипников класса 5**

**(применяются в авиационных турбодвигателях)**

**Если для компенсации осевых нагрузок упорных подшипников недостаточно, следует обустроить гидравлическую систему**

# Подшипники в 2-х винтовом компрессоре

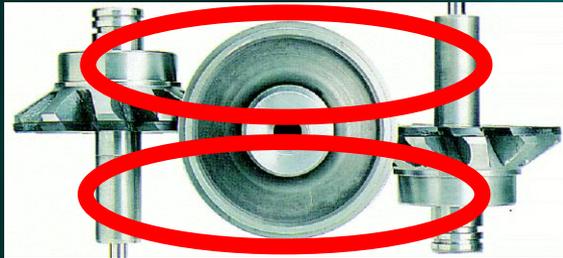


**Из-за ОГРАНИЧЕННОСТИ  
свободного пространства между  
роторами выбор подшипников  
большего типоразмера  
невозможен...**

**Т.о. в конструкцию  
компрессора входят несколько  
комплектов подшипников →**

- ✓ Больше занимаемая площадь
- ✓ Увеличение стоимости
- ✓ Увеличение уровня шума
- ✓ Снижение надежности
- ✓ Очень сложное техобслуживание

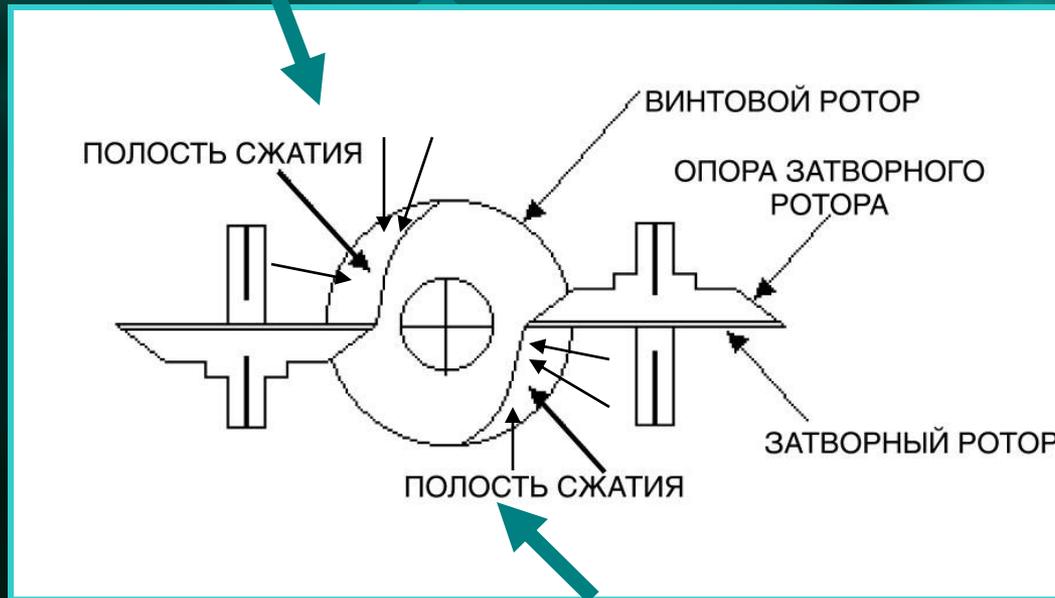
# Воздействие нагрузок в одновинтовом компрессоре



Одновременное сжатие по обе стороны от винта

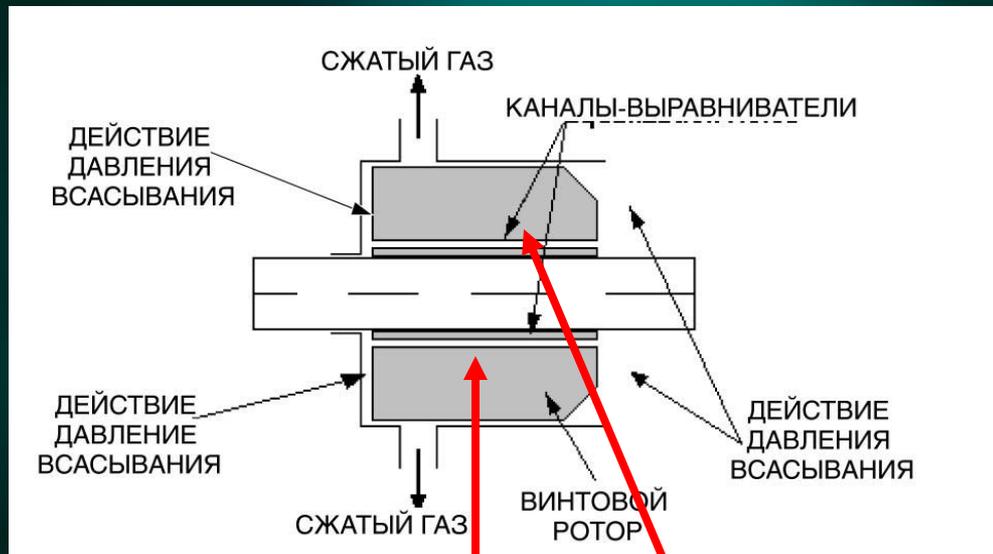
За счет симметричного расположения затворных роторов → полная сбалансированность радиальной нагрузки

Распределение давления в верхней полости сжатия



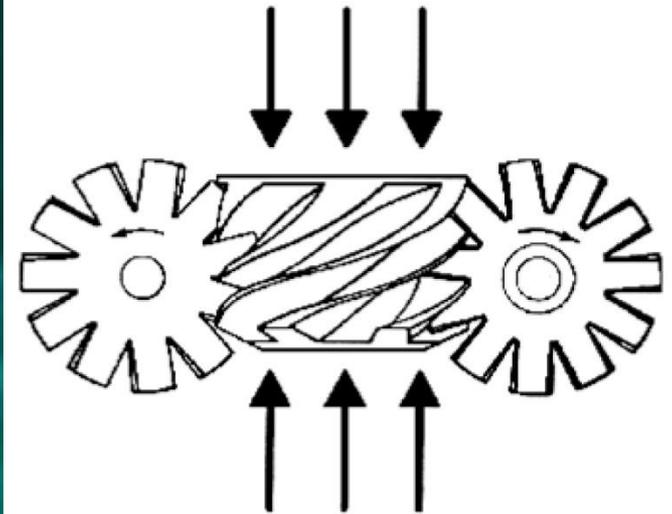
Распределение давления в нижней полости сжатия

# Воздействие нагрузок в одновинтовом компрессоре



**Сжатый газ выходит из канавок винта в радиальном направлении, оба торца ротора - под воздействием давления всасывания, выравниваемого за счет проходных каналов, выполненных с двух сторон винта**

**Давление всасывания**



**Давление всасывания**

**В результате - осевые нагрузки в одновинтовом компрессоре McQuay также сбалансированы**

# Подшипники в одновинтовом компрессоре

Достаточное пространство для подшипников электродвигателя



Даже для затворных роторов отсутствуют размерные ограничения при выборе подшипников

Для винтовых компрессоров McQuay подшипники не являются критичным компонентом, определяющим срок службы машины

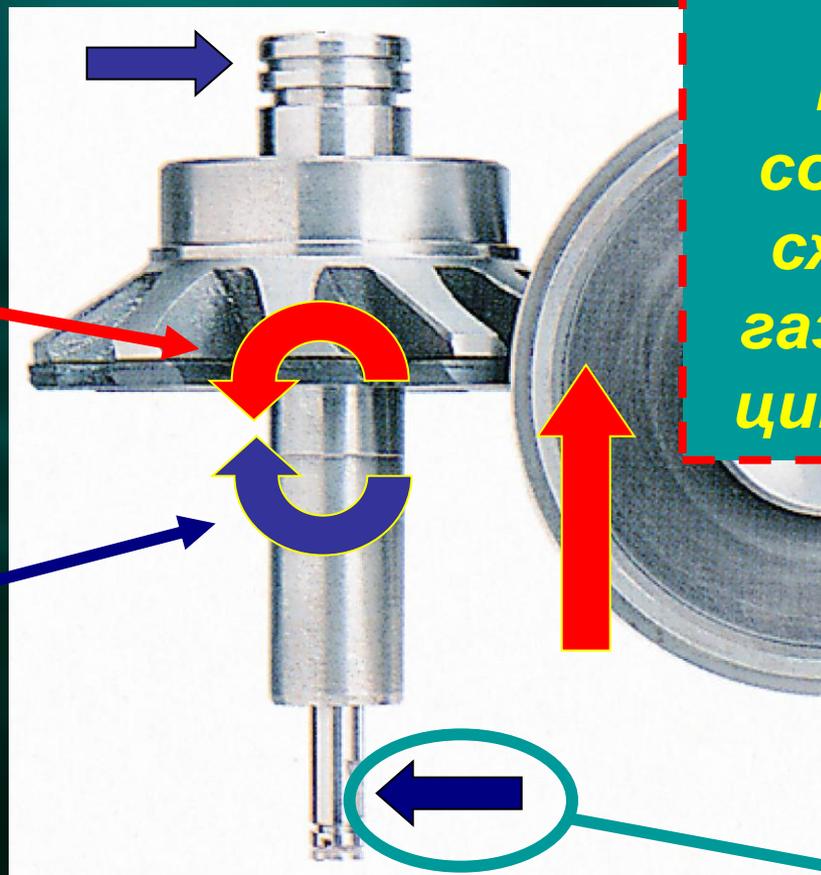
Неограниченное пространство для установки подшипников винтового ротора. Ввиду сбалансированности нагрузок износ подшипников винта минимальный.

# Подшипники в одновинтовом компрессоре

Основные нагрузки приходятся на затворные роторы - вал каждого ротора снабжен подшипником качения и упорным подшипником

Крутящий момент, генерируемый сжимаемым газом на зубце ротора

Противоположный крутящий момент, генерируемый подшипником



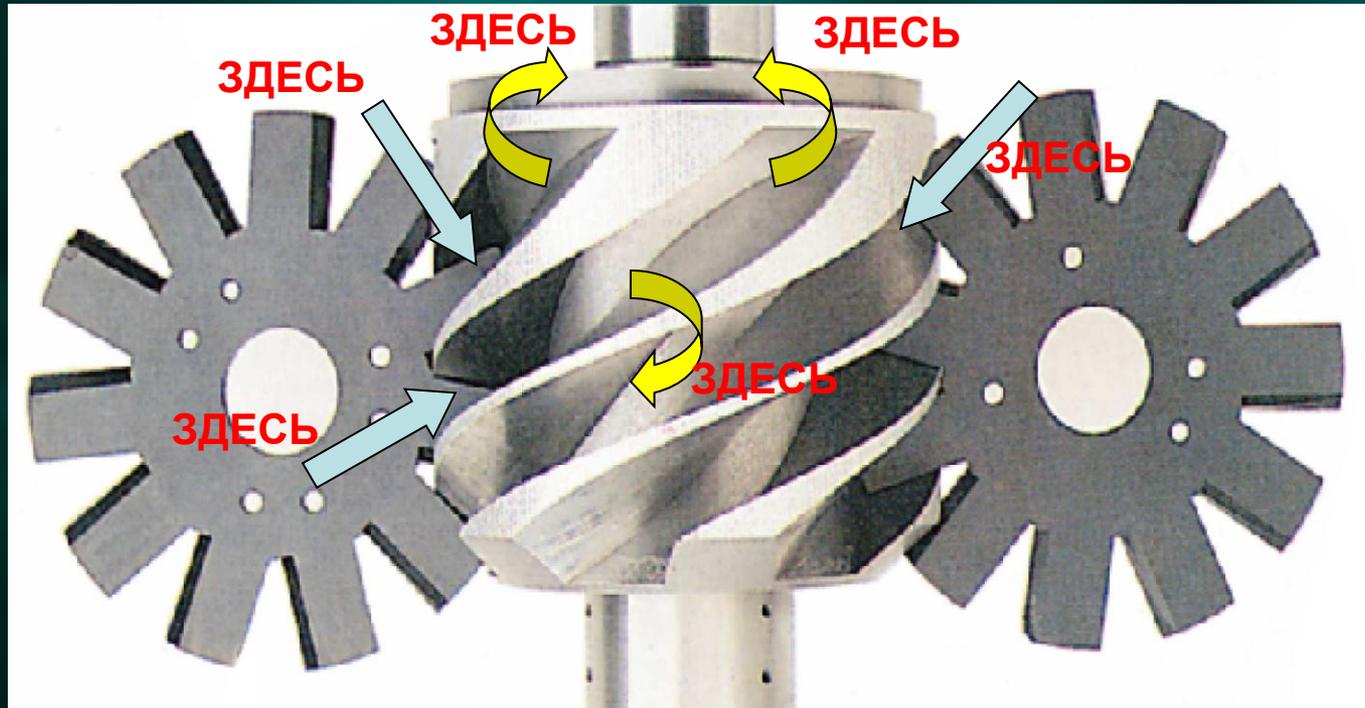
Упорная нагрузка, создаваемая сжимаемым газом в конце цикла сжатия

Свободное пространство позволяет использовать подшипники со сроком службы 200 000 часов

Две точки (упорные подшипники), воспринимающие нагрузку

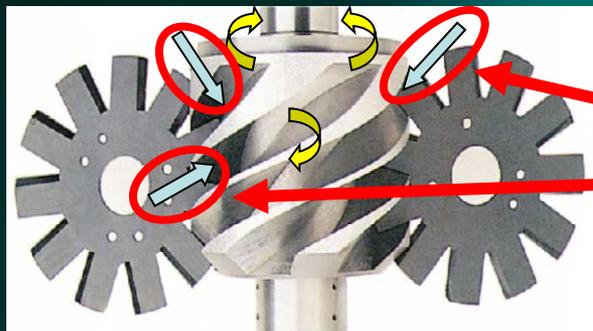
# Одновинтовой компрессор - герметичность сторон высокого и низкого давления

## Возможные точки протечек хладагента:



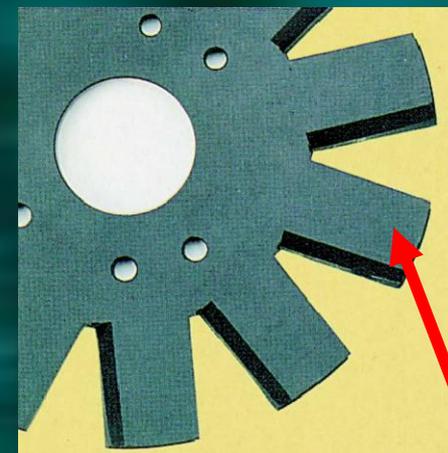
**За счет чего  
минимизированы протечки?**

# Протечки между затворами и основным ротором



Минимальны - за счет использования для затворов специального материала (Ryton®), применяемого в аэрокосмической промышленности

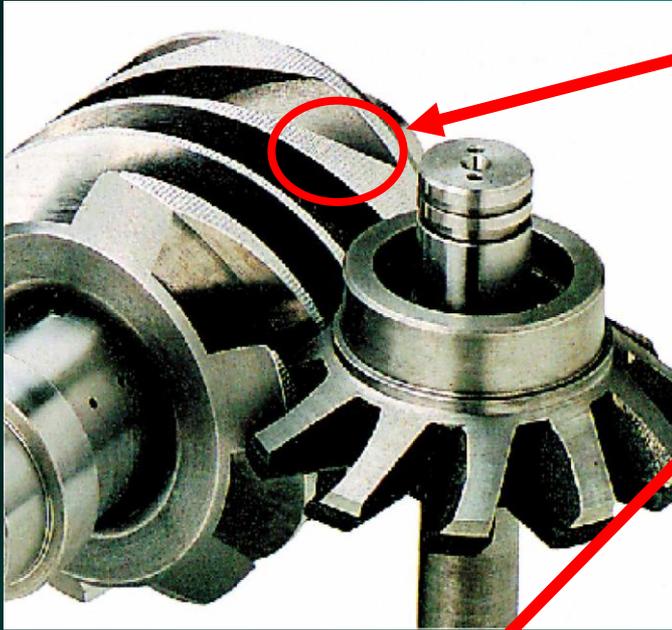
Опоры - сфероидальный чугун



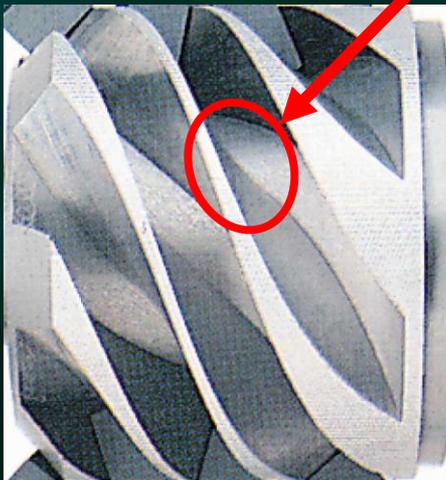
Зубья - композитный 52-слойный материал Ryton®, импрегнированный углеродом

Ryton® не подвержен температурному расширению, позволяет обеспечить практически "нулевой" зазор между поверхностями, имеет уникальную износостойкость

# Протечки между корпусом и основным ротором



*Миним. зазор (только 0.004 мм), плоская форма верха зуба - позволяют удерживать между поверхностями достаточное количество масла, герметизирующего стороны высокого и низкого давления*

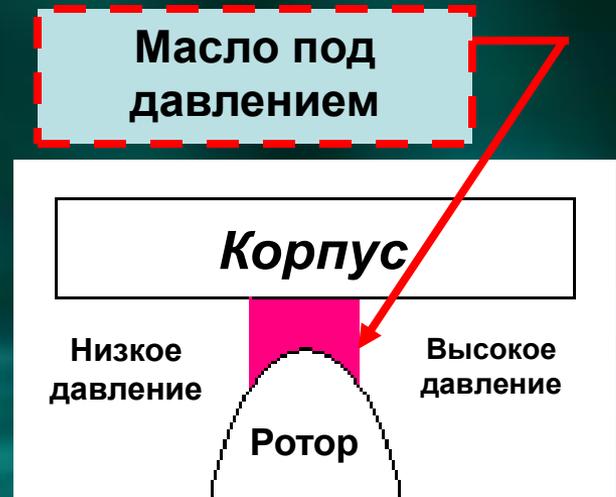
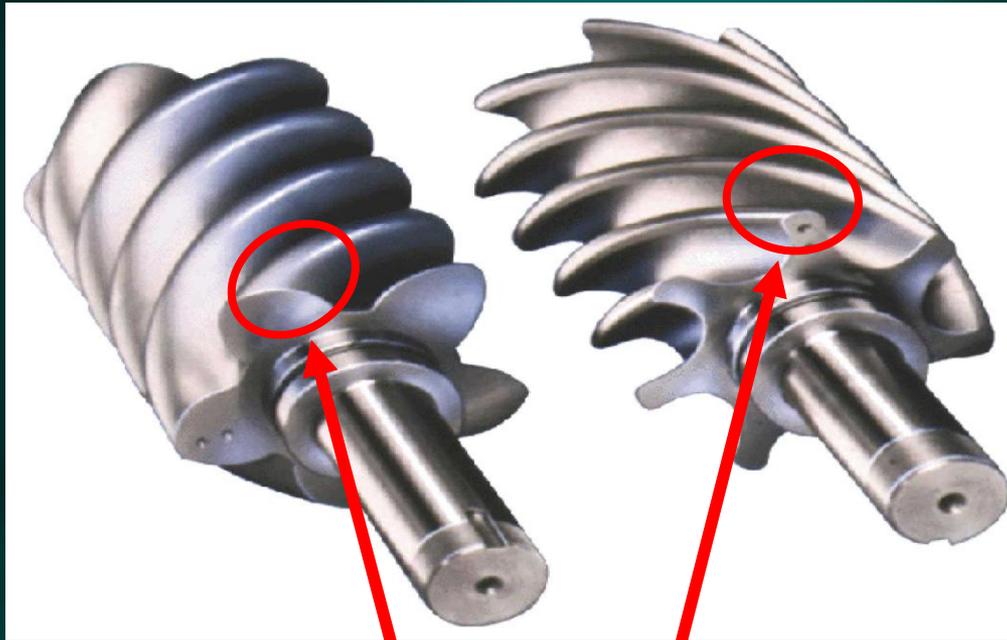


**Тонкий слой масла, находящегося под давлением, надежно герметизирует зазоры**

**Масло под давлением**



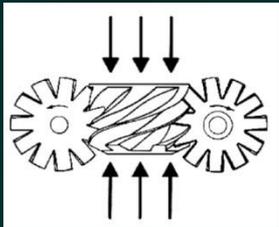
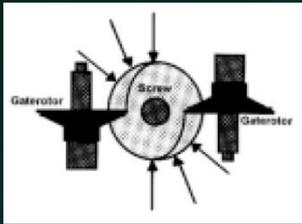
# Протечки между корпусом и роторами в 2-х винтовом компрессоре



**При параболической форме зуба слой масла должен быть сравнительно толстый, чтобы поддерживать герметичность сторон разного давления**

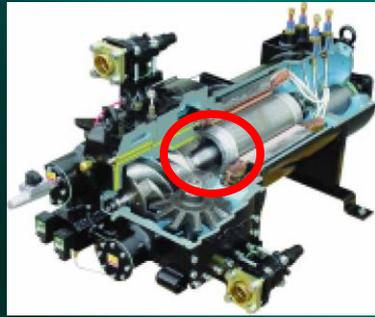
- ✓ Большой зазор
- ✓ Больше кол-во масла
- ✓ Большие протечки хладагента

# Уровень шума и вибраций



Сбаланси-  
рованные  
нагрузки

+



Непосредственная  
передача

+

Равномерность  
нагнетания

=

Одновинтовой  
компрессор  
McQuay  
отличается  
сверхмало-  
шумной  
работой

См.  
расчеты



5 зубьев = 5 циклов  
сжатия за 1 оборот

5 X 2950 = 14750  
циклов в минуту



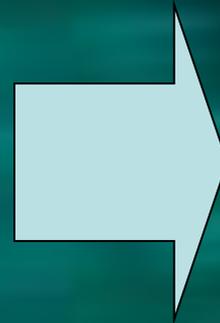
6 полостей (канавок) и 2  
области сжатия (верхняя  
и нижняя) = 12 циклов  
сжатия за 1 оборот

12 X 2950 = 35400  
циклов в минуту

**ЧРЕЗВЫЧАЙНО НИЗКИЙ  
УРОВЕНЬ ВИБРАЦИЙ**



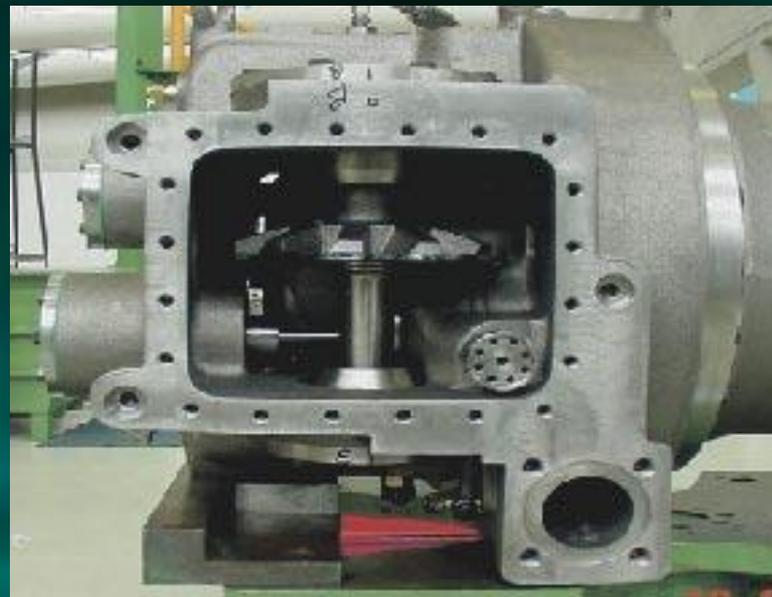
**Плавное  
регулирование  
производитель-  
ности от  
100 до 25%**



**Точное  
поддержание  
заданной  $t^{\circ}C$   
воды**



**Комфортный  
микроклимат**



# Точная механическая обработка



18 15:34

# Опыт и знания

