

Q_d - расход, используемый для выбора входной кромки лопастей рабочего колеса, влияет на кавитацию и обратные токи

Q_{opt} - расход при максимальном КПД насоса

Q_r - расход в гарантийной точке, близок к Q_{opt} , рекомендуют брать больше чем Q_{opt} , например по API 610

Q_k - критический расход

Можно выделить два критических расхода

Q_{k1} критический расход при входе в рабочее колесо $Q_{k1} < Q_d$

Q_{k2} критический расход при выходе из рабочего колеса $Q_{k2} < Q_{opt}$

Задача потребителя:

-определить минимальный расход системы Q_{min}

-определяет максимальный расход системы Q_{max}

-определить кавитационный запас на входе в насос NPSHA

ПРД - предпочтительный рабочий диапазон

Общее руководство по ПРД исходя из условий энергосбережения (насколько возможно это осуществить практически)

$$0,9 < Q / Q_{opt} < 1,1$$

ДРД - допустимый рабочий диапазон

ДРД - допустимый рабочий диапазон определяет производитель насоса. Работа вне ДРД может быть запрещена, ограничена по времени, разрешена с высоким уровнем вибрации, шумов и т.д. и более частым техническим обслуживанием.

Нерасчетные режимы работы

Режим недогрузки $0 < Q < 0,9 Q_{opt}$

Режим перегрузки $Q > 1,1 Q_{opt}$

Режим недогрузки можно разделить на три области

Область 1. Напор и мощность насоса зависит от потока на выходе из рабочего колеса

$Q_k < Q < 0,9 Q_{opt}$

Область 2. Возникновение обратных токов на входе и выходе из рабочего колеса

$0,25 Q_{opt} < Q < Q_k$

Область 3. Влияние различных частей проточной части на напор и мощность насоса

$0 < Q < 0,25 Q_{opt}$

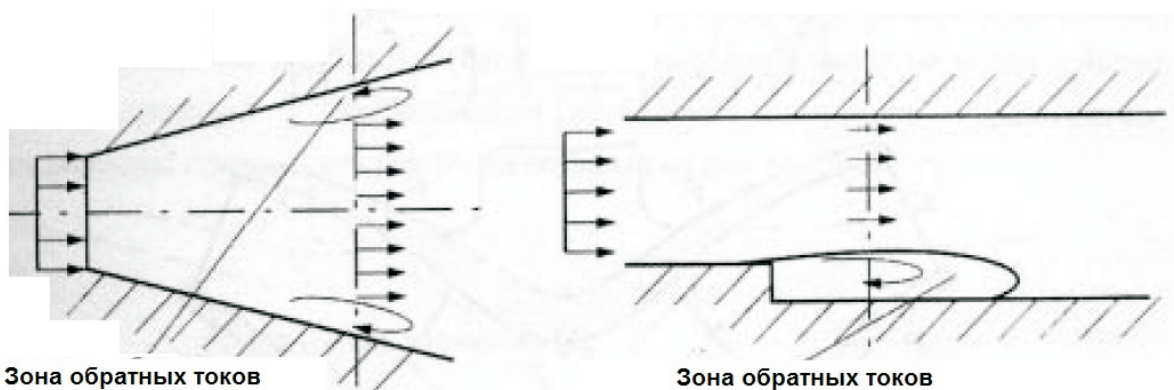
Области 2,3 характеризуются резким возрастанием потерь энергии: потери термические (тепловые), механические, шум, вибрация.

Чем больше размеры насоса и мощность тем серьезнее влияют потери энергии на состояние насоса.

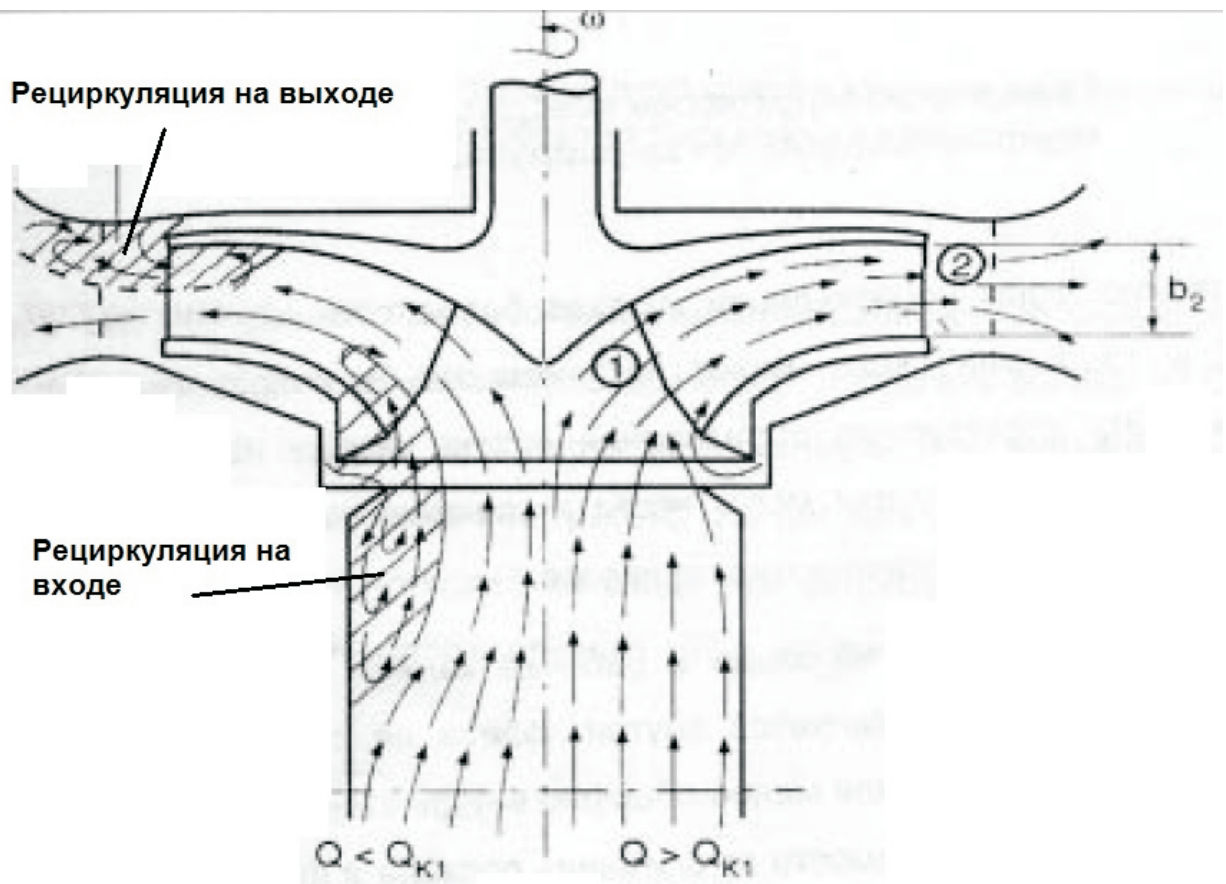
Например большие питательные и циркуляционные насосы при работе в области 3 $0 < Q < 0,25 Q_{opt}$ будут повреждены.

Рециркуляция (обратные токи) на режимах недогрузки

В правильно спроектированном насосе обратные токи могут быть только на режимах недогрузки



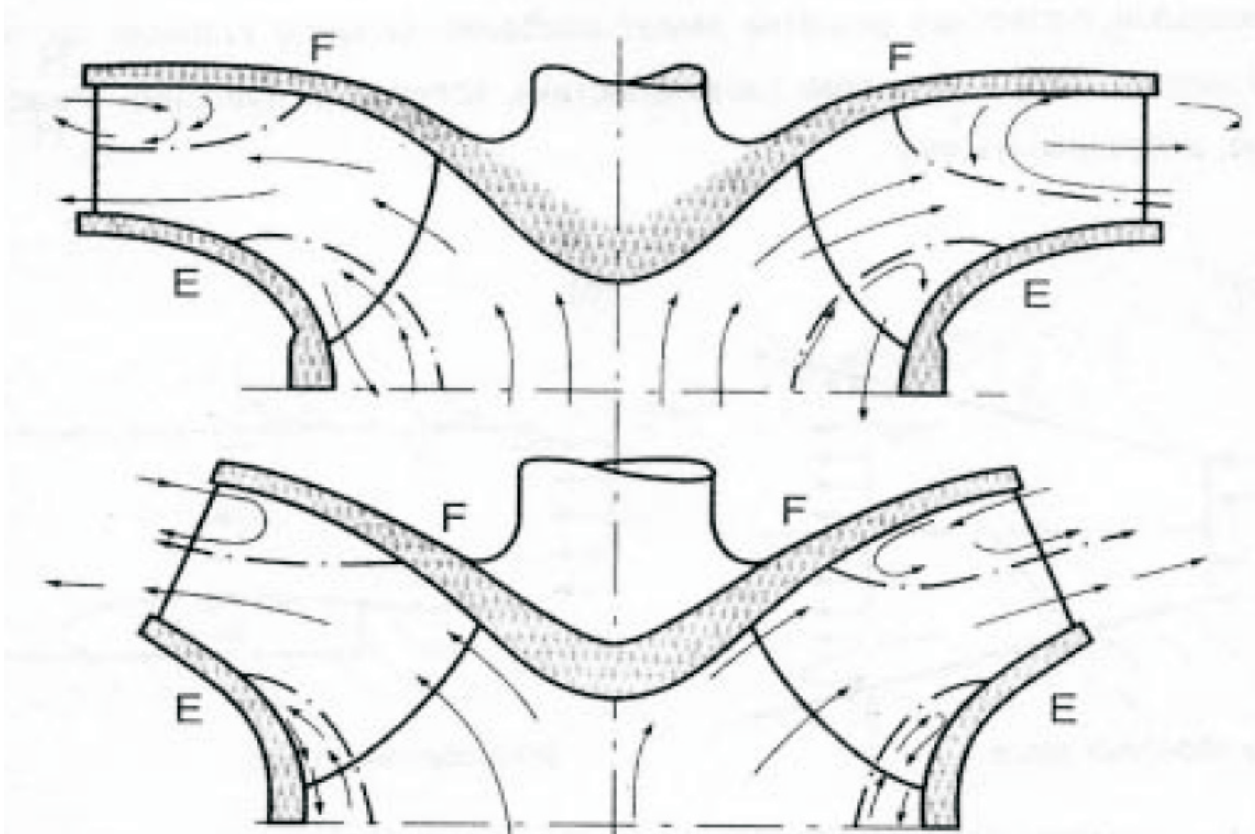
Обратные токи в неподвижных каналах



Структура потока в рабочем колеса

Правая часть - вблизи расчетной точки, обратных токов нет

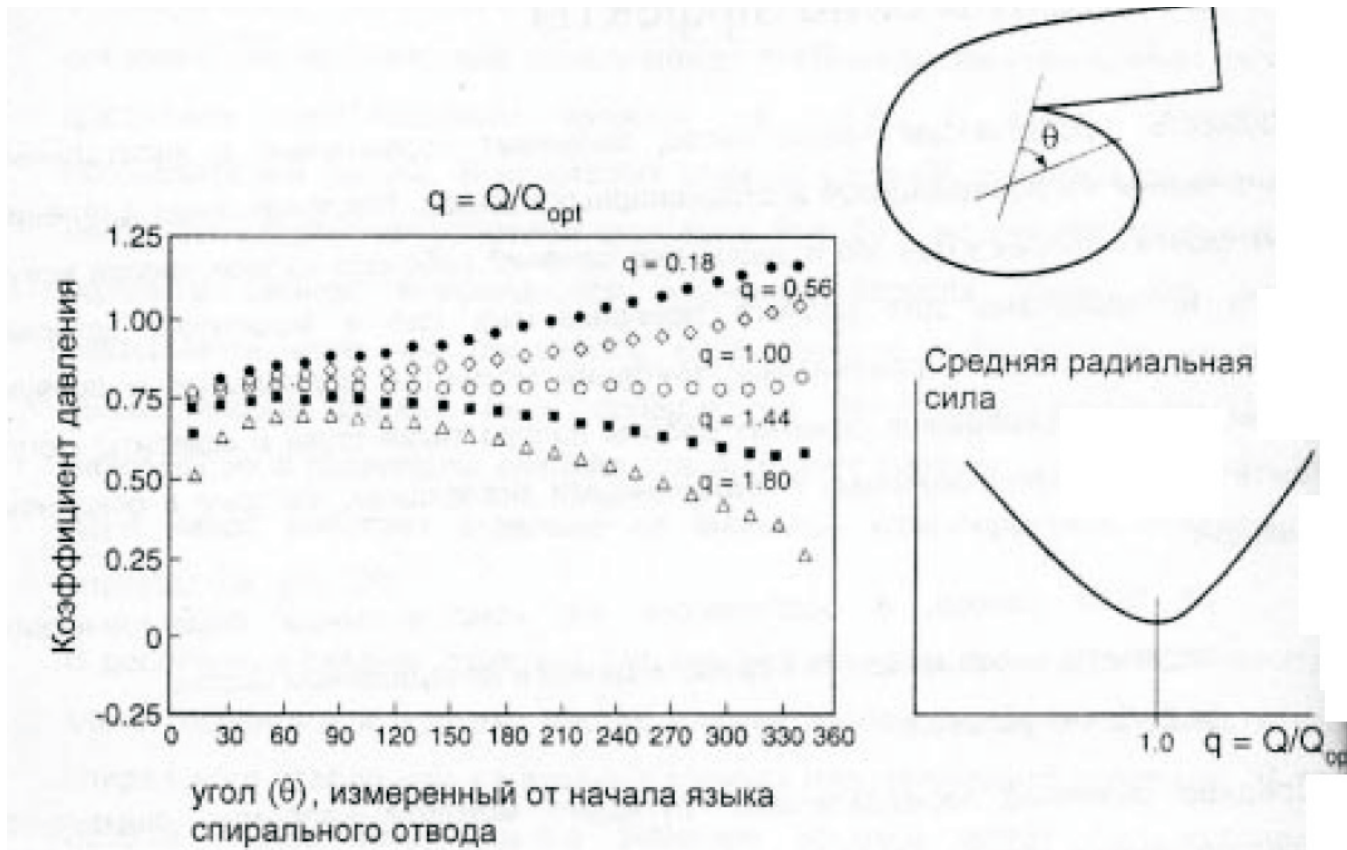
Левая часть- в зоне недогрузки, обратные токи на входе и выходе рабочего колеса



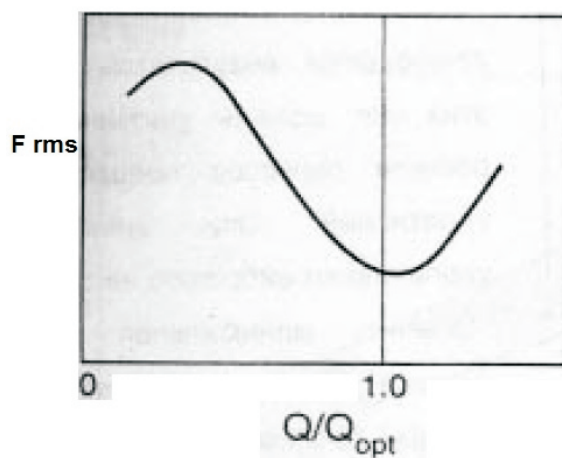
Структура потока в рабочем колеса в зоне недогрузки и области обратных токов.

При работе на закрытую задвижку, величина обратных токов может достигать 20-50% от Q_{opt}

Силы и моменты действующие на рабочее колесо



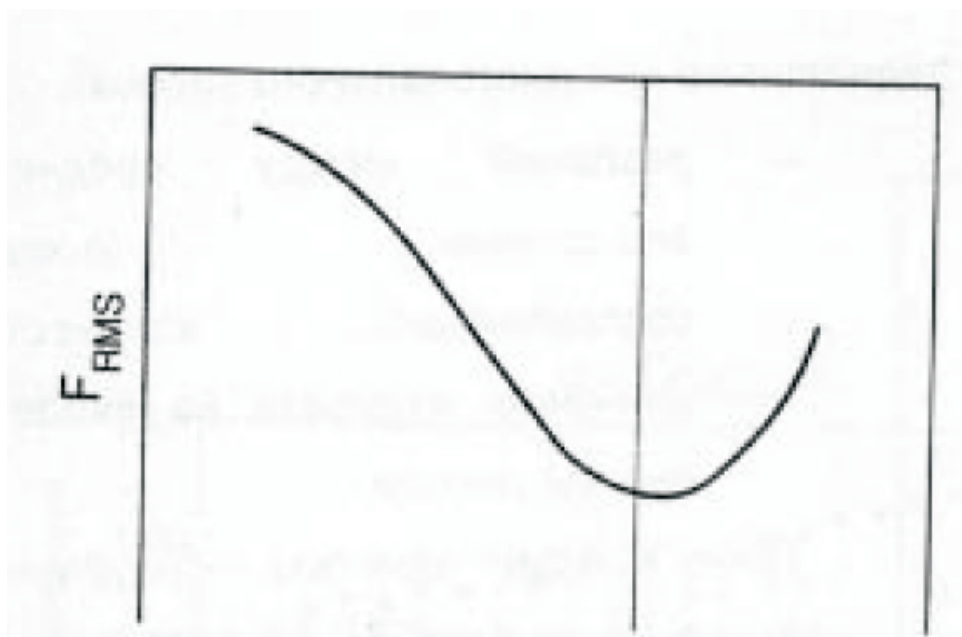
Среднее значение радиальной силы и угловое направление зависит от расхода жидкости через рабочее колесо.



Переменный (среднеквадратический) компонент радиальной силы зависит от расхода жидкости через рабочее колесо.



Средняя осевая сила зависит от расхода жидкости через рабочее колесо. Давление на входе в насос напрямую влияет на осевую силу. При подачах больших Q_{opt} осевая сила меняет направление.



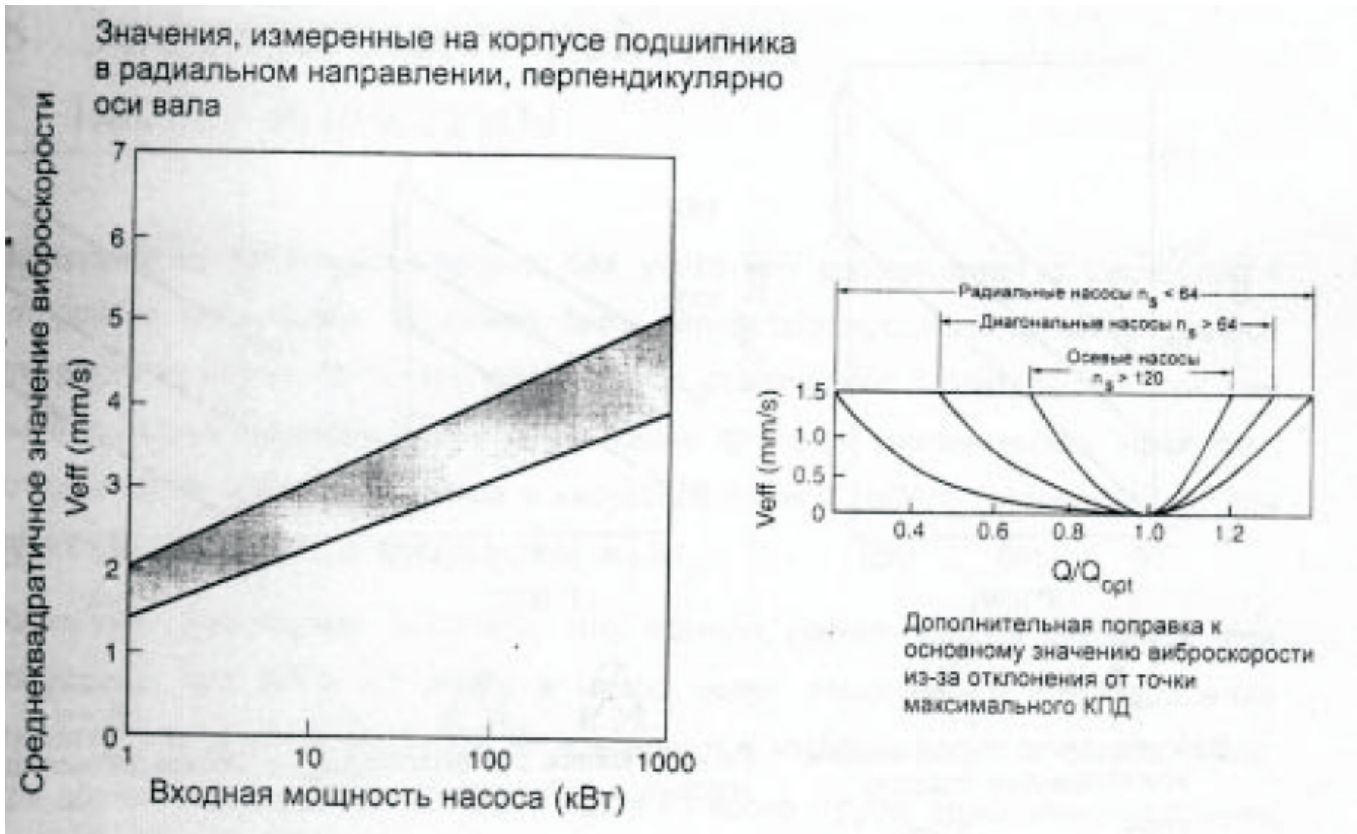
Переменный (среднеквадратический) компонент осевой силы зависит от расхода жидкости через рабочее колесо.

Все эти силы и моменты влияют на вибрацию насоса. Минимальные вибрации насоса обнаруживается при работе в области максимального КПД.

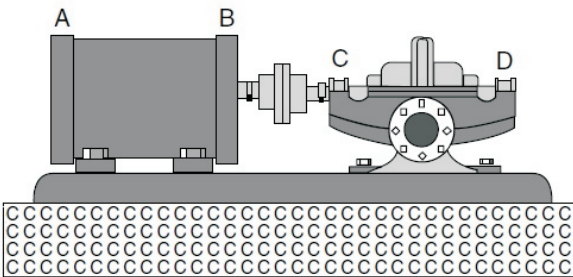
В правильно сбалансированном насосе работающем в ПРД спектр вибрации представлен гармониками частоты вращения.

В области недогрузки важным становится фон спектра, возмущение похоже на спектр белого шума.

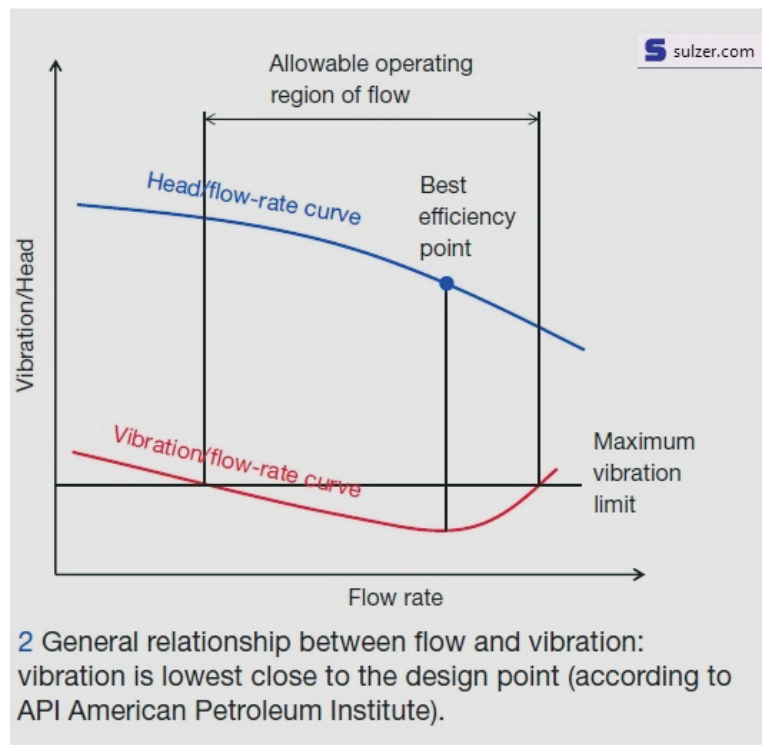
Граница расходов насоса при котором виброскорость V не превышает 4,5 мм/с принимается за границу рабочей зоны насоса . Рекомендации Иванюшина А. А



Пример распределения интенсивности вибрации горизонтального центробежного насоса.



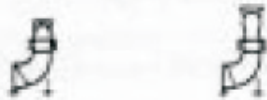
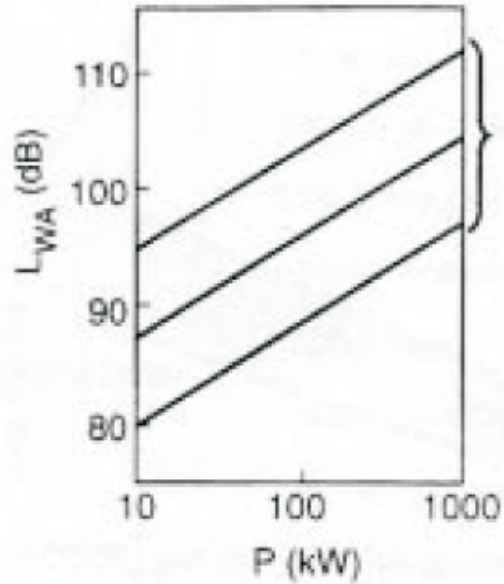
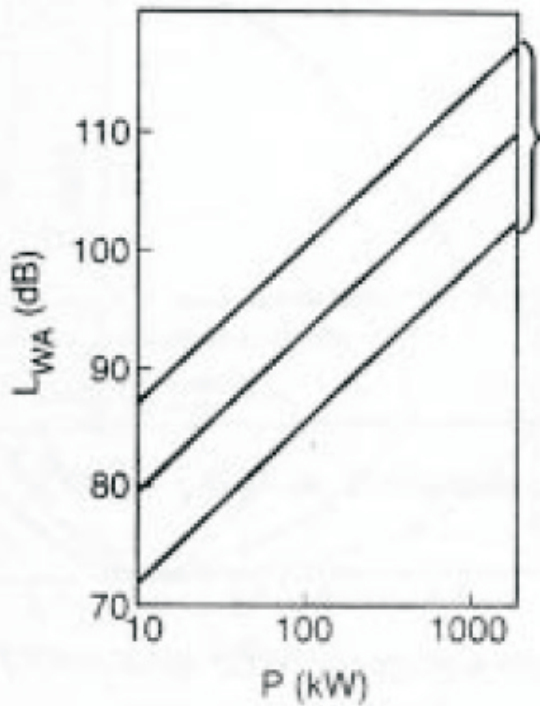
Точки замера виброскорости агрегата



Шум насоса

Шум тесно связан с вибрацией.

Увеличение шума происходит в режимах рециркуляции и при кавитации.



Рабочее колесо со спиральным или кольцевым отводом

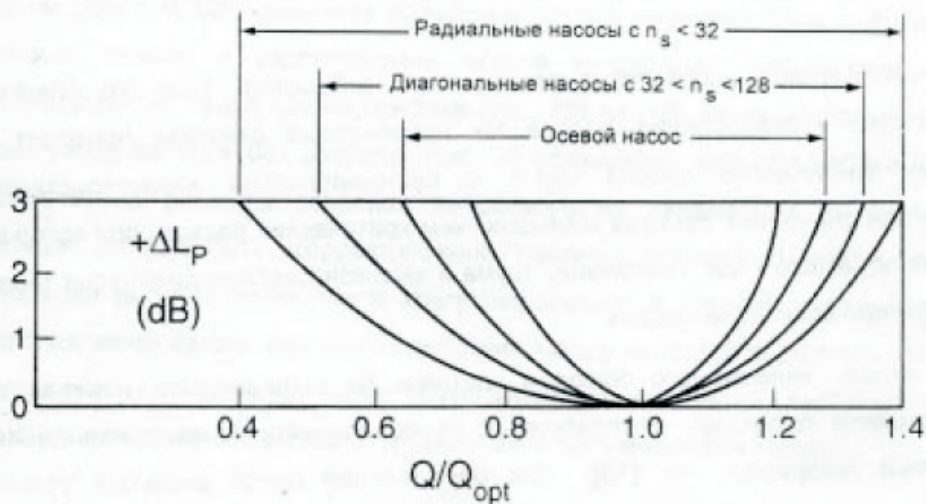


Рабочее колесо с направляющим аппаратом с обратными каналами



Одно- и двухзавитковые спиральные отводы

Зависимость звуковой мощности L_{WA} от мощности насоса P



Зависимость изменения уровня шума от расхода и n_s