
Надежность конструктивных элементов насосных станций

Надежность – свойство агрегата (прибора, аппарата, системы или их частей) выполнять за данные функции, сохраняя свои

эксплуатационные показатели в заданных пределах точности в течение требуемого промежутка времени.

Надежность и качество конструкции агрегатов обеспечивается при:

Проектировании,

Изготовлении;

Эксплуатации.

Надежность оборудования в целом обуславливается 4-мя принципами:

безотказность;
долговечность;
ремонтпригодность;
сохраняемость.

Количественно надежность определяется произведением вероятности безотказной работы в течение заданного промежутка времени на коэффициент оптимального технического использования насосного агрегата.

Работоспособность – это состояние НА, при котором она способна выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности.

Все отказы можно разделить на 2 группы: 1) Внезапный отказ – случайное событие; 2) Естественный- вызванный вследствие старения и износа (можно прогнозировать).

Наработка – продолжительность работы НА, измеряемые в часах, циклах, мЗ/час, л/с или других единицах.

Безотказность – свойство НА сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов.

Долговечность – свойство НА сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для ТО и ремонта.

Предельное состояние НА – определяется невозможностью ее дальнейшей эксплуатации из-за снижения эффективности или требований безопасности и оговаривается в технической документации.

Старение – процесс изменения физико-химических свойств материалов конструктивных элементов НС при их длительной естественной выдержке.

Эти изменения происходят из-за:

- воздействия многих физико-механических и химических факторов;
- неоднородности материалов;
- повышения напряжения, приводящие к микроразрывам в материале;
- попеременного увлажнения и высушивания, периодического замораживания и оттаивания;
- резких перепадов температур;
- воздействия солей и кислот;
- выщелачивания;
- коррозии металла и истирания конструкций.

Износ материалов – изменение размеров, формы, массы, состояния поверхности конструктивных элементов, вследствие остаточных деформаций от действующих нагрузок и коррозионных процессов.

Вследствие старения и износа наступает повреждение и разрушение конструктивных элементов.

Дефект – отдельное несоответствие конструктивных элементов определенным параметрам, установленным нормами или проектом

□ По условиям внешнего воздействия на поверхностный слой различают износ:

- абразивный (закреплённым или незакреплённым абразивом, газоабразивный, гидроабразивный)
- кавитационный
- адгезионный
- окислительный
- тепловой
- фреттинговый
- усталостный

- Различают несколько видов развития повреждений и разрушений:
- Обусловленных чрезмерными статическими и динамическими нагрузками, вызывающими значительное напряжение в материалах, превышающее расчетное значение сопротивления материалов.
- Повреждение конструктивных элементов — начальная стадия разрушения элементов, проявляющаяся как потеря ими своих первоначальных свойств (эксплуатационных качеств), обусловленная воздействием эксплуатационных факторов.

Классификация агрессивной среды:

□ По агрегатному состоянию:

- Газовые
- Жидкие (растворы кислот, щелочей, солей, нефтепродукты)
- Твердые (грунт, отложение пыли)
- многофазные)

По характеру воздействия:

- Сильно агрессивные (жидкие и газовые среды в производственных помещениях химических предприятий);
- Средне агрессивные (атмосферный воздух повышенной влажности с агрессивными примесями);
- Слабо агрессивные (чистый атмосферный воздух с повышенной влажностью);
- Неагрессивные (чистый сухой атмосферный воздух).

Классификация повреждений по вызывающим их причинам:

- Воздействия внешних факторов:
 - - природных (атмосферных, климатических, грунтовых, сейсмических, биологических);
 - - искусственных (техногенных, вибрационных, механических нагрузок и воздействий, блуждающих токов, взрывов);
- Воздействие технологических факторов:
 - - агрессивных выделений производственных процессов (газов, пара, влаги);
 - - технологических загрязнений (водные, эмульсии);
 - - механических воздействий (нагрузки, вибрации, удары).

- Проявление дефектов при проектировании и производстве:

- - потеря прочности и устойчивости;
- - повреждения ограждающих конструкций;
- - повреждения второстепенных элементов;
- Нарушение правил эксплуатации:
 - - нарушение правил использования;
 - - несвоевременные, некачественные ремонты.

□ Процессы, разрушающие строительные материалы вследствие внешнего воздействия, называются эрозией и коррозией.

□ Эрозия — процесс размыва водой, истирание песком или пылью поверхности конструкции. (Размыв поверхности кровли и стен стекающей водой, истирание фасадов зданий песком или пылью. Наибольшую опасность представляет эрозионное воздействие грунтовых вод на основание под здания.)

□

- Коррозия — процесс разрушения конструкции
- вследствие воздействия физико-химических явлений.
- Детали насосного агрегата и конструкции подвержены коррозии на воздухе, под водой и в грунте. В зависимости от этого возникают разные виды коррозии.
- На поверхности причиной коррозии является проникновение в поры и гигроскопические трещины строительных конструкций водяного пара.

-
- При колебаниях температуры от плюсовой до минусовой вода в порах замерзает, разрушая структуру материала.
 - Растворы солей, находящиеся на поверхности конструкций, проникают в поры и трещины.
 - Вследствие испарения воды соль кристаллизуется, действуя на структуру материала подобно замерзшей воде, что приводит к разрушению конструкции.

-
- К наиболее активным средам, вызывающих ускоренный износ конструкций, относятся:
 - **-солнечная радиация.** Радиация, падающая на конструкцию, частично поглощается материалом, повышая его температуру, частично отражается
 - Поэтому действие солнечной радиации вызывает значительные напряжения в теле конструкций, связанные с радиационной амплитудой;

-
- ***атмосферная среда***—наличие в воздухе различных примесей, смена положительных и отрицательных температур, ветер, осадки в виде дождя и снега, ультрафиолетовые лучи, озон.
 - ***-капиллярная влага***. Чистая вода влияет на износ конструкций как поверхностно-активное вещество или как растворитель.

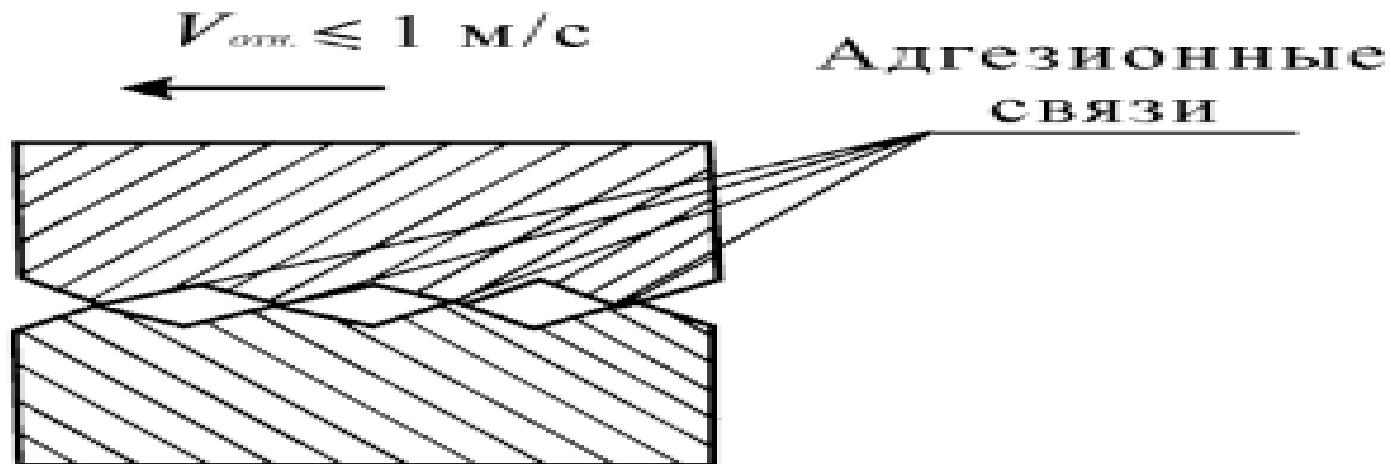
□ *грунтовая среда.* Как известно, горные породы и почвы имеют пористую структуру, заполненную газами и водой. Наибольшее влияние на износ подземных конструкций оказывают находящиеся в грунте метан, тяжелые углеводороды, радон.

- По степени разрушения можно выделить три категории повреждений:
- •аварийного характера, вызванные дефектами проектирования, строительства, стихийными явлениями—ливнями, снегопадами, затоплением, а также нарушениями правил эксплуатации конструкции и сооружений;
- •разрушения несущих конструкций, обусловленные внешними и технологическими факторами, нарушением правил эксплуатации. Такие нарушения не являются аварийными и устраняются при капитальном ремонте усилением или заменой;
- •разрушения второстепенных элементов (выпадение краски и изоляции), устраняемые при текущем ремонте.

Износ при трении скольжения. Характеризуется возникновением адгезионных связей между деталями. *Условия возникновения:*

- малая скорость относительного движения (до 1 м/с для узла, состоящего из двух стальных деталей);
- высокое давление, превышающее предел текучести на площадках фактических контактов;
- отсутствие смазки или защитной плёнки окислов между
- трущимися деталями;
- низкая температура нагрева поверхностных слоев до 100 °С.

□ схватыванием первого рода наблюдается



Различают три стадии износа схватыванием второго рода:

1.Первая стадия соответствует для сталей интервалу температур до 600 °С, мало снижающих механические свойства материалов.

Внешний вид поверхности: вырывы частиц на детали из менее прочного материала, чередующиеся через примерно одинаковые промежутки.

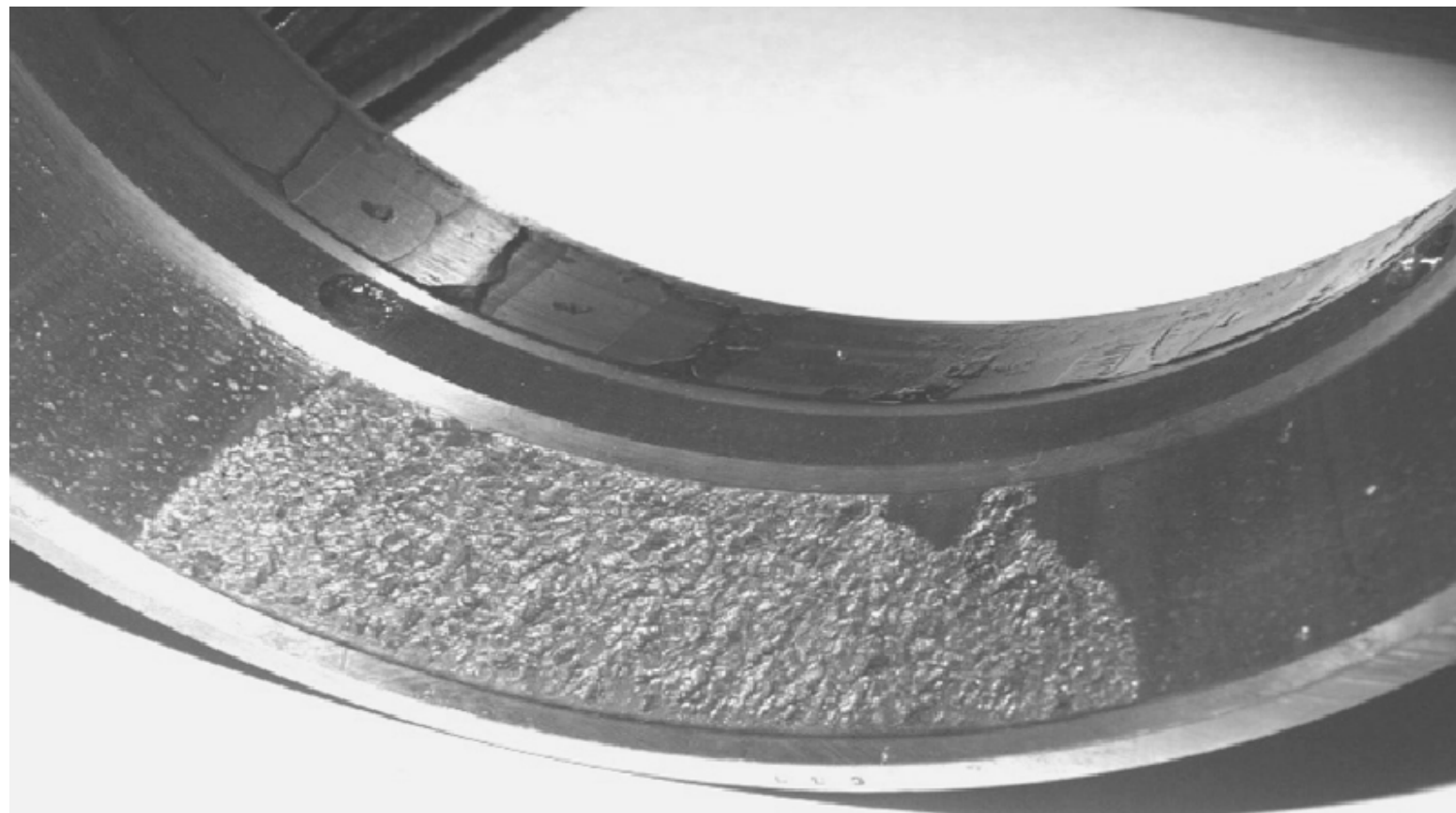
2.Вторая стадия износа развивается в интервале температур 600-1400 °С. Такая температура заметно снижает механические свойства сталей, и металл размягчается. Внешний вид поверхности: на контактной поверхности более прочной детали видны налипание и размазывание металла, а на поверхности менее прочной детали – вырывы.

3.Третьей стадии износа соответствуют температуры плавления. Расплавленные слои металла уносятся со смазкой, и на поверхности трения появляются оплавленные бороздки ([рисунок 3.3](#)). Скорость изнашивания составляет 1-5 мкм/ч. Коэффициент трения колеблется в пределах 0,1-0,5.

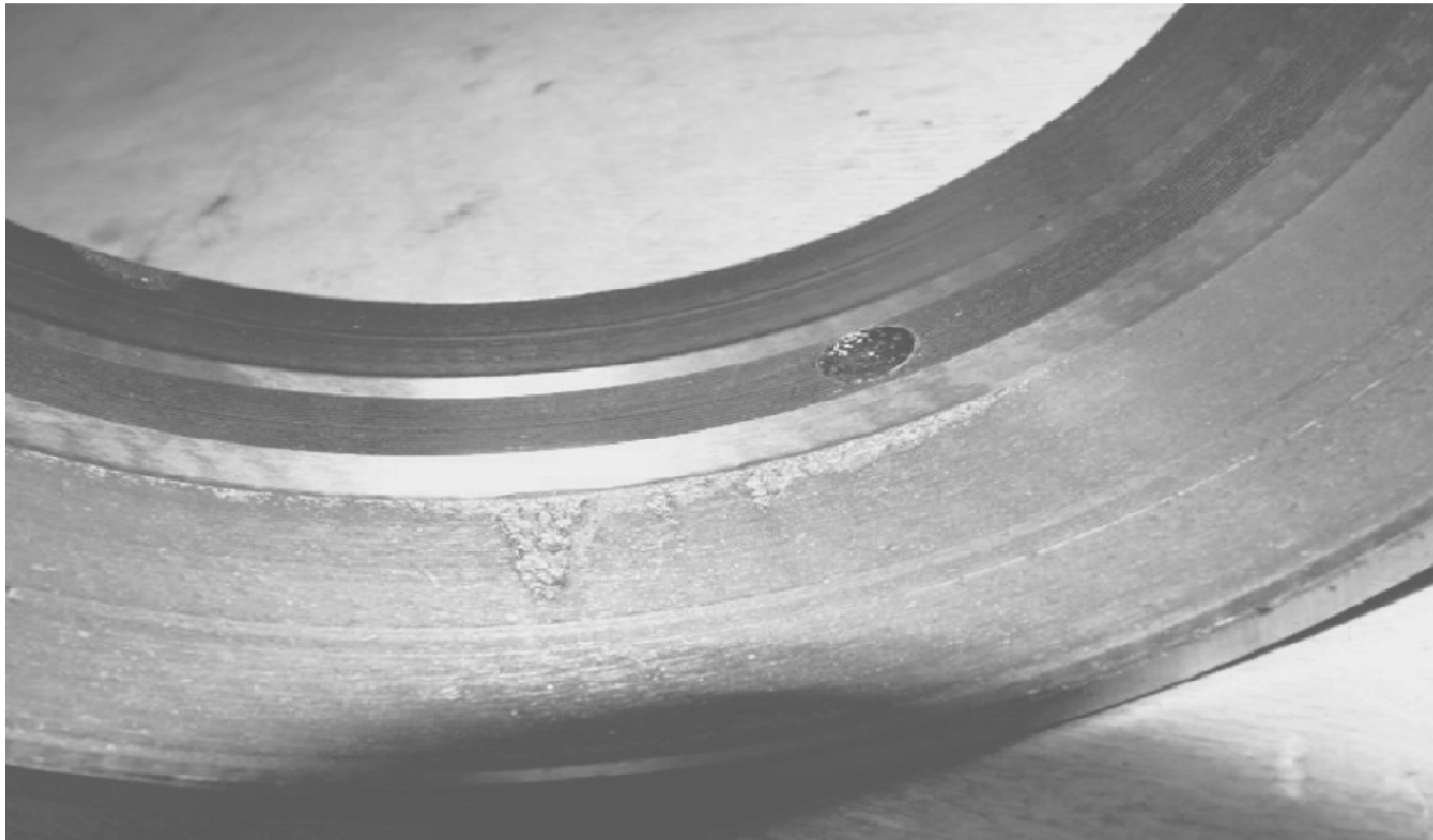
Окислительный износ развивается в условиях трения качения и трения скольжения со скоростями относительного движения деталей 1,5-7,0 м/с (без смазки). При граничной смазке интервал относительных скоростей увеличивается до 20 м/с.



Осповидный износ возникает при трении качения, переменных или знакопеременных нагрузках и высоких давлениях, достигающих предела выносливости. Многократные нагружения вызывают усталость материала.



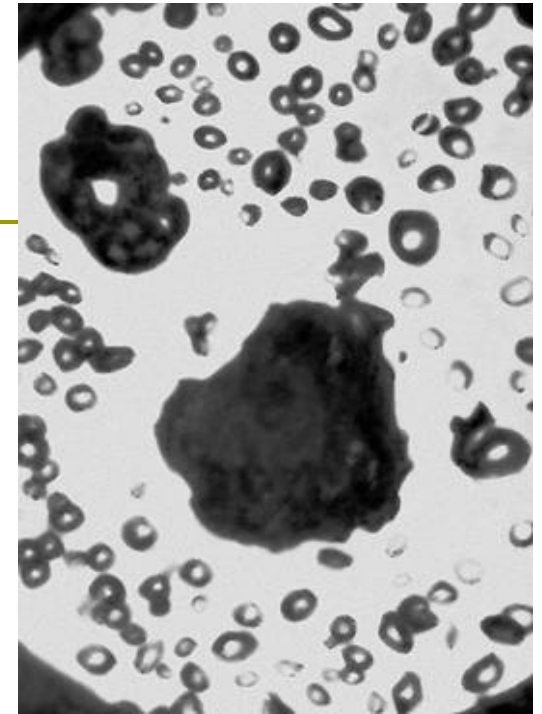
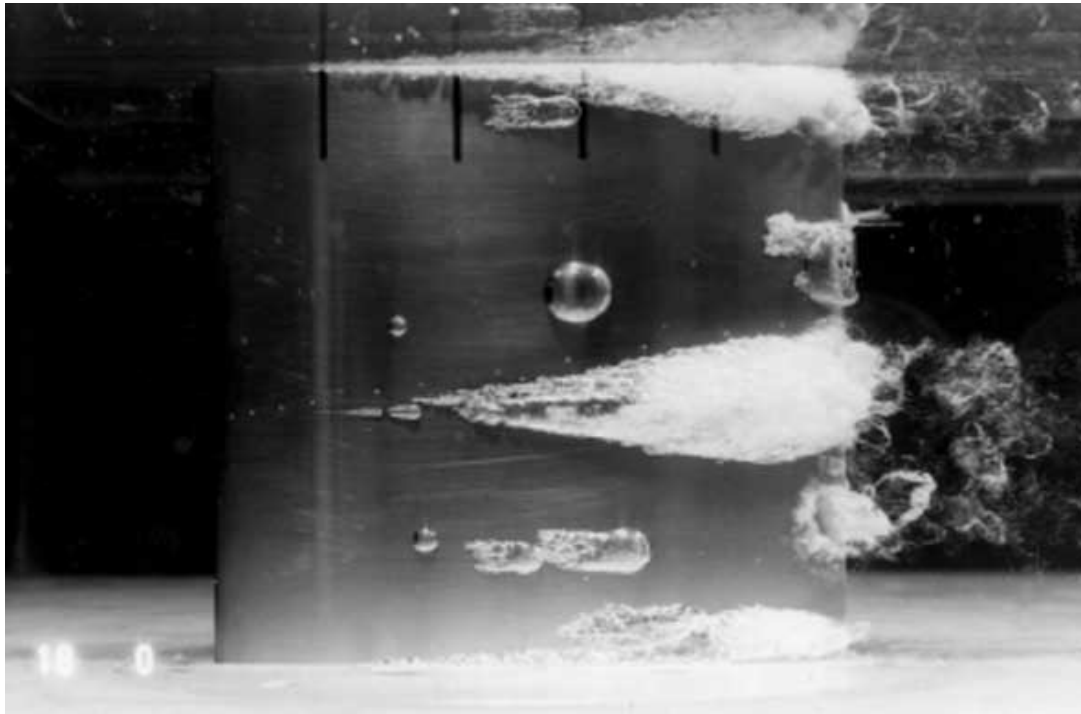
Абразивный износ развивается при трении скольжения. *Условия возникновения:* наличие на поверхностях трения абразивных частиц, деформирующих микрообъёмы поверхностных слоёв и вызывающих процессы ~~микрорезания~~. *Проявление.* На ~~поверхностях трения~~ появляются однозначно ориентированные по отношению к направлению движения риски различной глубины и протяжённости



□ **Эрозионное изнашивание.** Твёрдые частицы, движущиеся в потоке газа или жидкости, оказывают на поверхность металла многократные локальные импульсные удары, вызывающие расшатывание и вымывание поверхностного слоя деталей – *эрозию*.

□ **Электроэрозионное изнашивание** – эрозионное изнашивание поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока. При электрической эрозии контактов происходит частичный перенос металла с одного контакта на другой и распыление металла.

□ **Кавитационное изнашивание** – гидроэрозионное изнашивание при движении твёрдого тела относительно жидкости (и наоборот), при котором пузырьки газа захлопываются вблизи поверхности, создавая тем самым местное повышение давления.



Кавитация — (от лат. *cavitas* — пустота) — образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных газом, паром или их смесью.

Явление «кавитации» было теоретически предсказано Рейнольдсом задолго до того оно впервые было обнаружено при испытаниях эсминца английского ВМФ «Деринг» в 1893 г.

Термин **КАВИТАЦИЯ** был введен ок. 1894 британским инженером Р.Фрудом.

Кавитация— физический процесс образования пузырьков в жидких средах, с последующим их схлопыванием и высвобождением большого количества энергии возникающий в результате внешних физических воздействий.

Кавитация – это процесс образования в жидкости полостей (кавитационных пузырьков), заполненных газом и/или паром. □

Примеры:

- кипение воды в чайнике;
- бурление пузырьков шампанского после вскрытия бутылки
- встряхивании бутылки с подсолнечным маслом, когда в жидкости появляются полые пузырьки и начинается «кавитационный круговорот».

Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта.

Явление кавитации носит локальный характер и возникает только там, где есть условия. Перемещаться в среде возникновения не может. Кавитация разрушает поверхность гребных винтов, гидротурбин, акустических излучателей, деталей амортизаторов, гидромуфт и др. Кавитация также приносит пользу — её применяют в промышленности, медицине, военной технике и других смежных областях.

КАВИТАЦИЯ В ПОТОКЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО НАПОРА РАБОТАЮЩЕГО НАСОСА.

- ***Кавитация*** - это процесс нарушения сплошности потока жидкости в тех местах, где давление, снижаясь, достигает некоторой критической величины. При практических расчетах за эту критическую величину принимают давление насыщенного пара жидкости при данной температуре.

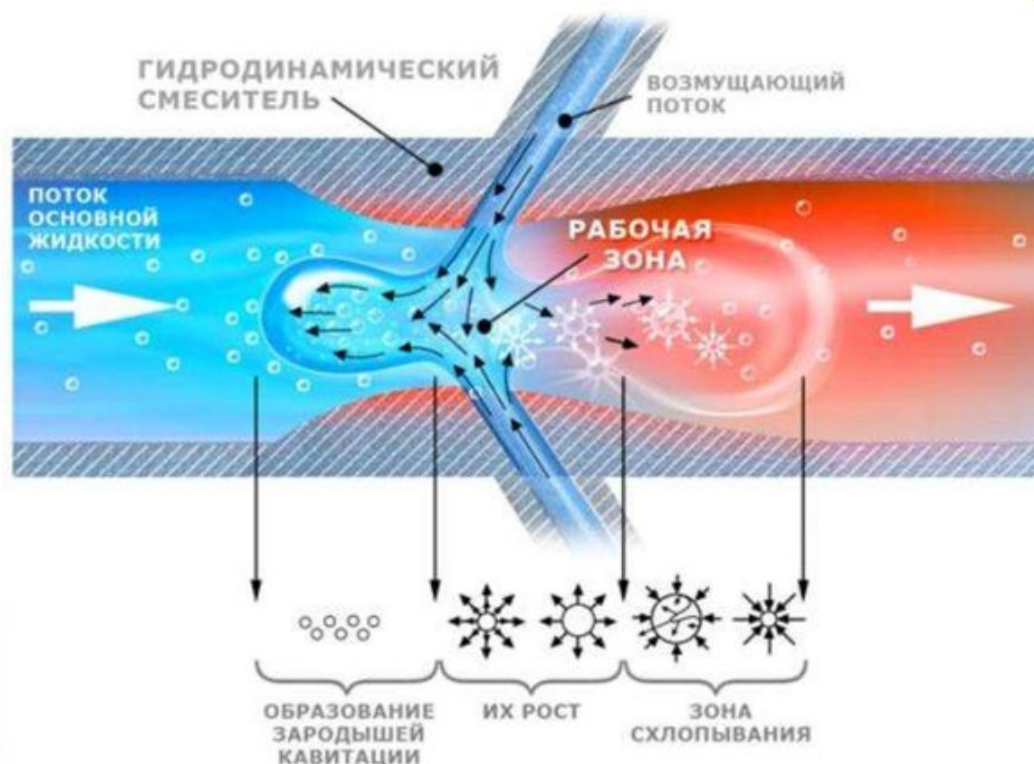
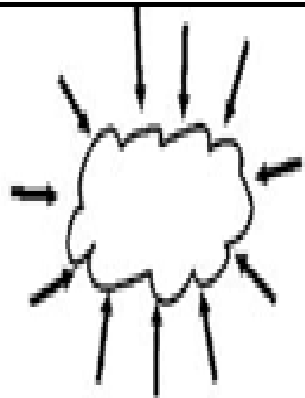


Рис. 1. Кавитация улитки после года работы насоса.

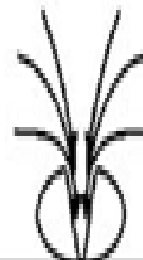
Кавитация



Разрушение кавитационного облака



Излучения волны давления



Образование микро-струй



Образование впадин

Последствия кавитации



Факторы способствующие возникновению кавитации:

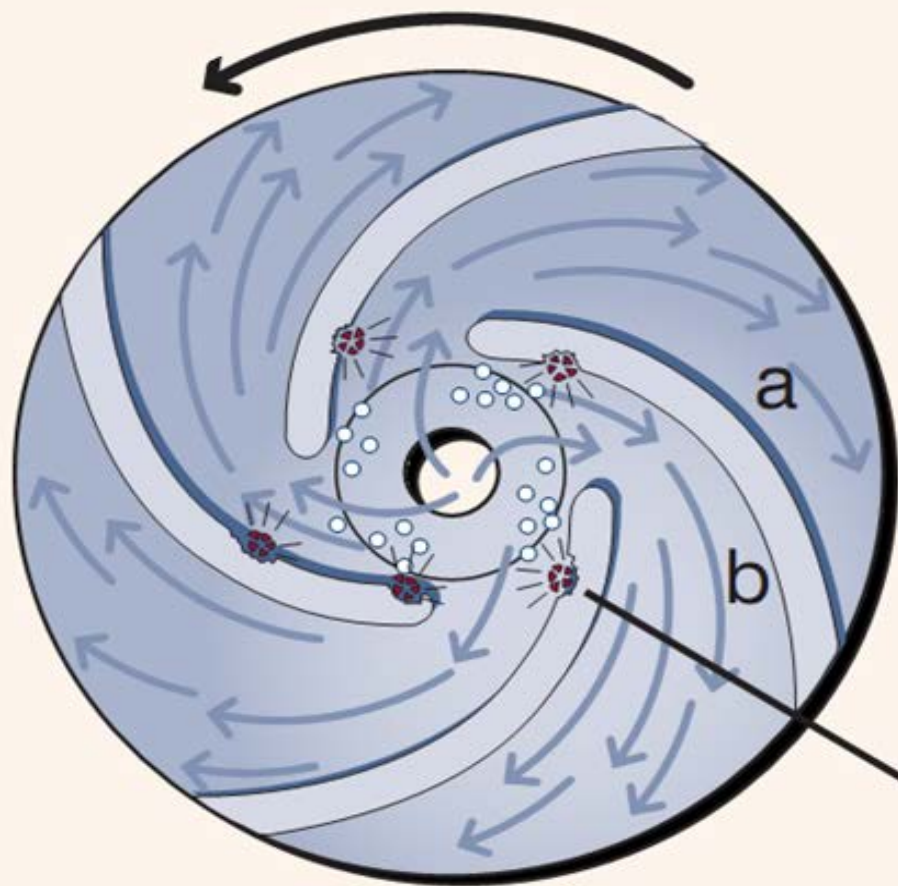
- 1)повышение относительной скорости потока в рабочем колесе
- 2)образование вихрей и отрыв потока от стенок поверхности лопастей рабочего колеса

- 3)повышение температуры перекачиваемой жидкости
- 4)неустановившийся режим работы насоса: гидравлический удар в системе, режимы пуска, остановки и т.д.
- 5)большая геометрическая высота всасывания
- 6)уменьшение барометрического давления
- 7)некачественная обработка и зачистка проточной части насоса
- 8)большие потери энергии при протекании жидкости по всасывающей трубе
- 9)присутствие в воде большого количества мельчайших твердых и газообразных включений и растворенного воздуха и т.д..

Классификация

- Кавитация бывает
- Гидродинамической - возникает в результате понижения давления в жидкости, которое может быть вызвано увеличением скорости ее движения. (Например, за гребным винтом судна.)
- Акустической - возникает при прохождении акустической волны большой интенсивности через жидкость (в эстетической медицине используется именно этот вид кавитации). Наиболее наглядно принцип кавитации можно наблюдать при кипячении воды или встряхивании бутылки с подсолнечным маслом, когда в жидкости появляются полые пузырьки и начинается «кавитационный круговорот».
- Кавитационный пузырек может перемещаться из области с низким давлением в область с высоким давлением, при этом меняя свои размеры. Он может пройти несколько периодов увеличения и уменьшения. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением, кавитационный пузырек может разрываться, выделяя при этом большое количество энергии, способной воздействовать на любую материю. На жировую ткань, в частности, кавитация оказывает «разжижающий» эффект.

Кавитация в насосе



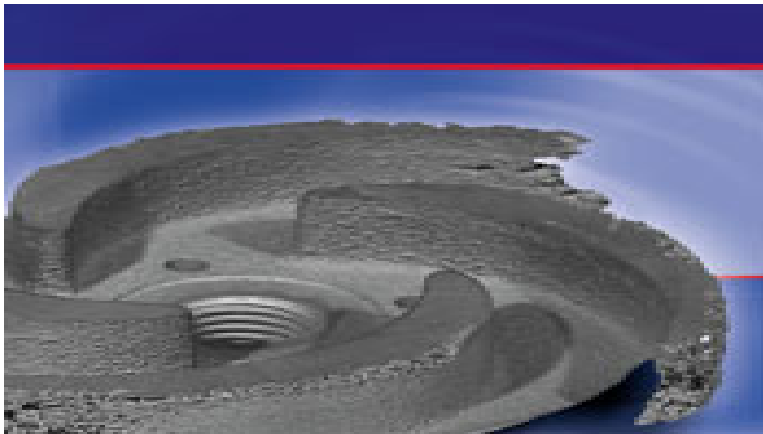
a — передняя кромка лопаток рабочего колеса

b — задняя кромка лопаток рабочего колеса

Взрывающиеся пузырьки пара

Последствия кавитации:

1. При развитой кавитации возрастают гидравлические потери, что приводит к снижению КПД, напора и подачи.
2. Кавитация вызывает резкий шум и создаются повышенные вибрации
3. Кавитационный износ (эрозия) поверхностей деталей насоса





Противокавитационные мероприятия

1) Меры по предупреждению кавитации

назначение оптимальной высоты всасывания

повышение кавитационных характеристик насоса.

оптимальный режим эксплуатации насосов

2) Меры снижения вредного воздействия кавитации

Применение кавитационностойких материалов

применение полимерных материалов для защиты деталей насосов.