ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55562— 2013 (МЭК 60609-1:2004)

ТУРБИНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ, ГИДРОАГРЕГАТЫ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ТУРБОНАСОСЫ ОЦЕНКА КАВИТАЦИОННОГО ПИТТИНГА

Часть 1. Оценка в реактивных турбинах, гидроагрегатах ГАЭС и турбонасосах

IEC 60609-1:2004
Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines — Cavitation pitting evaluation — Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines (MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0 — 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений» (ОАО «НИИЭС»), Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (ФГАОУ ВПО «СФУ») на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 330 «Процессы, оборудование и энергетические системы на основе возобновляемых источников энергии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.08.2013 №650-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60609-1:2004 «Турбины гидравлические, гидроагрегаты гидроаккумулирующих электростанций и турбонасосы. Оценка кавитационного питтинга. Часть 1. Оценка в реактивных турбинах, гидроагрегатах ГАЭС и турбонасосах» (IEC 60609-1:2004 Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines — Cavitation pitting evaluation — Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines). При этом разделы 3 — 6 и приложение В полностью идентичны, а приложения А и Б дополняют их с учетом потребностей национальной экономики Российской Федерации и особенностей российской национальной стандартизации.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в обязательном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Основные условия оценки кавитационного питтинга 5
5 Методы оценки кавитационного питтинга 7
6 Вычисление результатов и выполнение гарантии 9
Приложение А (справочное) Условия, влияющие на гарантийный срок по кавитационному питтингу ..10
Приложение Б (справочное) Анализ состояния воды 12
Приложение В (справочное) Примеры объемов кавитационного питтинга 13
Приложение ДА (обязательное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 16

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТУРБИНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ, ГИДРОАГРЕГАТЫ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ТУРБОНАСОСЫ. ОЦЕНКА КАВИТАЦИОННОГО ПИТТИНГА

Часть 1.
Оценка в реактивных турбинах, гидроагрегатах ГАЭС и турбонасосах

Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines — Cavitation pitting evaluation — Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines

Дата введения — 2015—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы оценки и измерений показателей кавитационного питтинга гидравлических турбин, гидроагрегатов гидроаккумулирующих электростанций и турбонасосов при заданных в техническом задании значениях мощности, удельной гидравлической энергии, скорости вращения, материалов, условий работы и т.д.

Настоящий стандарт не устанавливает возможность оценки влияния кавитации на рабочие характеристики оборудования, такие, как мощность, коэффициент полезного действия, вибрация и уровень шума.

Настоящий стандарт рекомендуется применять совместно с ГОСТ 27807.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 27.002–2009 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ 27807–88 Турбины гидравлические вертикальные. Технические требования и приемка

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 27.002, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **базовая наработка** t_R (reference duration of operation): Наработка машины (в ч), используемая как база для задания значений показателей, определяющих гарантийные обстоятельства.

3.2 **верхний предел мощности для кратковременной работы** P_{TU} (upper limit power for temporary operation): Верхний предел мощности турбины для кратковременной работы, указываемый для каждого напора и каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунок 1).

3.3 **нижний предел мощности для кратковременной работы** P_{TL} (lower limit power for temporary operation): Нижний предел мощности турбины для кратковременной работы, указываемый для каждого напора и каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунок 1).

3.4 **верхний предел мощности для продолжительной работы** P_{CU} (upper limit power for continuous operation): Верхний предел мощности турбины для продолжительной работы, указываемый для каждого напора и каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунок 1).

3.5 **нижний предел мощности для продолжительной работы** P_{CL} (lower limit power for continuous operation): Нижний предел мощности турбины для продолжительной работы, указываемый для каждого напора и каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунок 1).

3.6 **верхний предел удельной гидравлической энергии для кратковременной работы** E_{TU} (upper limit of specific hydraulic energy for temporary abnormal operation): Верхний предел удельной гидравлической энергии для кратковременной работы, указываемый для каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунки 1 и 2). Во многих приборах E_{TU} может быть таким же, как E_{CU}.

3.7 **нижний предел удельной гидравлической энергии для кратковременной работы** E_{TL} (lower limit of specific hydraulic energy for temporary abnormal operation): Нижний предел удельной гидравлической энергии для кратковременной работы, указываемый для каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунки 1 и 2). Во многих приборах E_{TL} может быть таким же, как E_{CL}.

3.8 **верхний предел удельной гидравлической энергии для продолжительной работы** E_{CU} (upper limit of specific hydraulic energy for continuous operation): Верхний предел удельной гидравлической энергии для продолжительной работы, указываемый для каждого удельного потребления и для каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунок 1).

3.9 **нижний предел удельной гидравлической энергии для продолжительной работы** E_{CL} (lower limit of specific hydraulic energy for continuous operation): Нижний предел удельной гидравлической энергии для продолжительной работы, указываемый для каждого удельного потребления и для каждого допустимого уровня нижнего бьефа *NPSE* (см. рисунок 1).

3.10 **временная рабочая зона с перегрузкой в режиме турбины** (high-load temporary operating range in turbine mode): Рабочая зона, ограниченная величинами P_{CU} и P_{TU} (см. рисунок 1).

3.11 **временная рабочая зона с пониженной нагрузкой в режиме турбины** (low-load temporary operating range in turbine mode): Рабочая зона, ограниченная величинами P_{CL} и P_{TL} (см. рисунок 1).

3.12 **временная рабочая зона низкой удельной гидравлической энергии** (low specific hydraulic energy temporary operating range): Рабочая зона, ограниченная величинами E_{CL} и E_{TL} (см. рисунки 1 и 2).

3.13 **временная рабочая зона высокой удельной гидравлической энергии** (high specific hydraulic energy temporary operating range): Рабочая зона, ограниченная величинами E_{CU} и E_{TU} (см. рисунки 1 и 2).

3.14 **гарантийная наработка по кавитационному питтингу** (cavitation pitting guarantee of operation): Наработка (в ч) в пределах гарантийного срока по кавитационному питтингу.

3.15 **гарантированное предельное значение показателя кавитационного питтинга** C_R**, мм, см**^{3} (guaranteed limit of the amount of cavitation pitting): Гарантированный предел величины кавитационного питтинга для базовой наработки.

3.16 **гарантийный срок по кавитационному питтингу** (cavitation pitting guarantee period): Количество месяцев или лет эксплуатации машины, в течение которых действуют гарантии по кавитационному питтингу.

3.17 **диаметр рабочего колеса** D**, м** (diameter of the impeller): В случаях работы турбины Каплана и пропеллерной гидротурбины — внешний выходной диаметр рабочего колеса, радиально-осевой турбины — выходной диаметр рабочего колеса, гидроагрегатов и насосов при работе в режиме насоса — внутренний диаметр рабочего колеса.

3.18 **диапазон режимов нормальной работы** (normal continuous operating range): диапазон работы, ограниченный для турбин — величинами P_{CL}, P_{CU}, E_{CL} и E_{CU} (см. рисунок 1), для насосов и насосных циклов — величинами E_{CL} и E_{CU} (см. рисунок 2).

3.19 **кавитация** (cavitation): Нарушение сплошности (однородности) потока жидкости вследствие образования «пустот» — мелких пузырьков и/или целых полостей, заполненных газом или парами, воздухом и др. газами, выделившимися из жидкости в результате гидродинамических процессов.

3.20 **кавитационный коэффициент, коэффициент Тома σ** (cavitation factor, Thoma number): Коэффициент, характеризующий положение гидравлической машины относительно уровня нижнего бьефа или высоты отсасывания.

3.21 **кавитационный питтинг** (cavitation pitting): Потери материала в результате кавитации.

3.22 **коэффициенты k_1, k_2, k_3, ..., k_i** (coefficients k_1, k_2, k_3, …., k_i): Коэффициенты, используемые для приблизительного вычисления объема (см. 5.2.3б).

3.23 **максимальная глубина кавитационного питтинга S, мм** (maximum depth of cavitation pitting): Абсолютная максимальная глубина кавитационного питтинга, измеряемая от первоначальной поверхности материала (см. 5.2.1).

3.24 **максимальные глубины отдельных зон питтинга S_1, S_2, S_3, ..., S_i, мм** (maximum depth of particular pitted area S_1, S_2, S_3, …., S_i): Максимальные глубины в отдельных зонах повреждений, измеряемые от уровня первоначальной поверхности материала (см. 5.2.2 и 5.2.3б).

3.25 **объем материала V, см^3** (volume of material): Объем материала, унесенного при кавитационном питтинге.

3.26 **масса устраненного материала W, кг** (mass of material removed): Масса материала, унесенного при кавитационном питтинге.

Примечание — W не используется в уравнениях в настоящем стандарте. Коэффициент преобразования приведен для того, чтобы пользователь мог преобразовать объем стали в массу, если это предусмотрено контрактом; преобразование приблизительно составляет 7,8 кг/дм^3.

3.27 **напор гидроаккумулирующей электростанции H, м** (head of machine): Напор гидроаккумулирующей электростанции, определяемый как $H=E/g$.

3.28 **площади отдельных зон кавитационного питтинга A_1, A_2, A_3, ..., A_i, см^2** (individual areas damages by cavitation pitting A_1, A_2, A_3, …, A_i): Площади отдельных зон кавитационного питтинга (см. 5.2.2 и 5.2.3б).

3.29 **удельная гидравлическая энергия E, Дж/кг** (specific hydraulic energy): Удельная гидравлическая энергия машины, определяемая как $E=gH$ (см. 3.14).

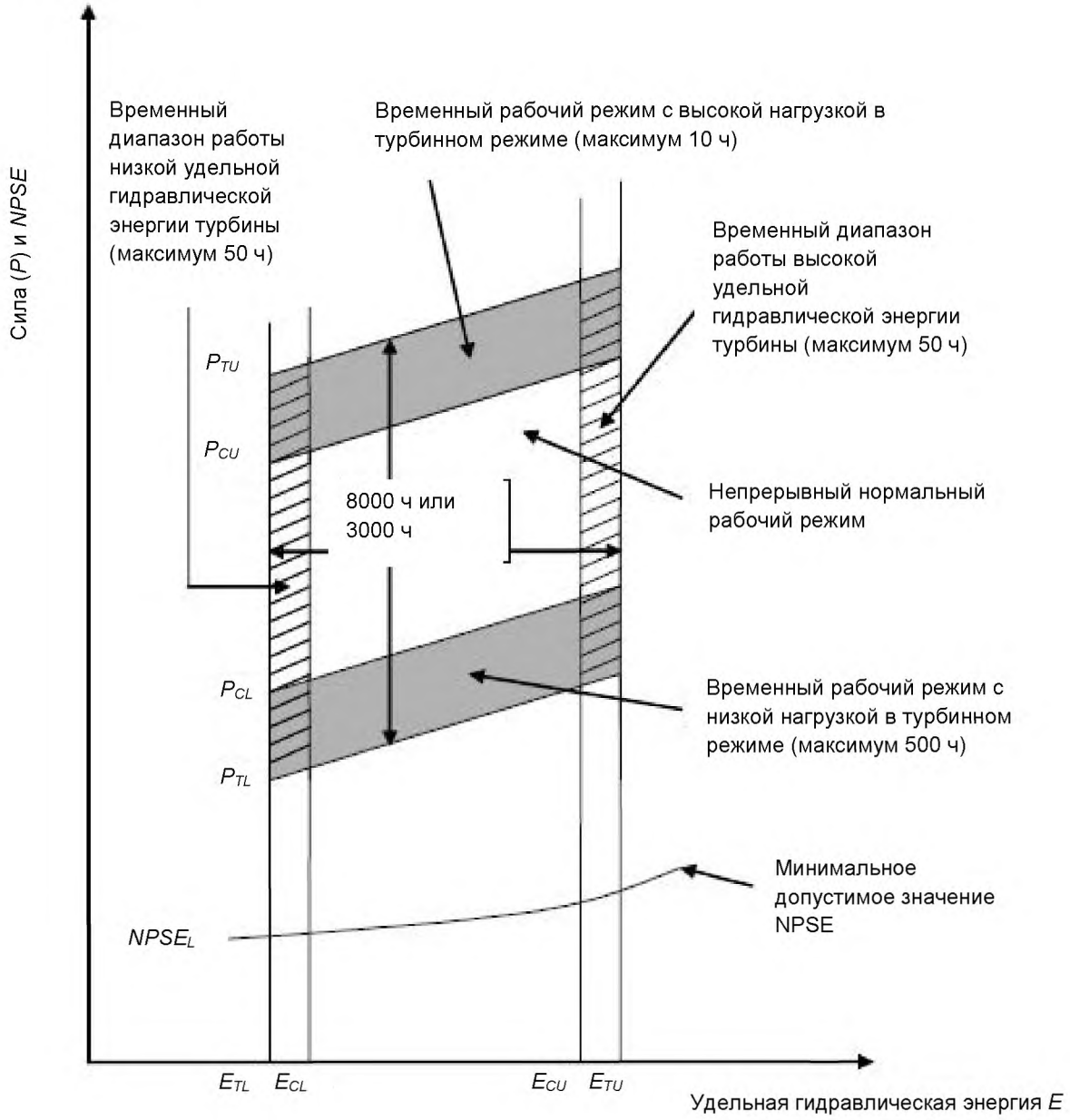
3.30 **ускорение свободного падения g, м/с^2** (acceleration due): Гравитационная постоянная.

3.31 **фактическое значение показателя кавитационного питтинга C_A, мм, см^3** (guaranteed limit of the amount of cavitation pitting at the time of cavitation-pitting examination): Фактическое значение показателя кавитационного питтинга к моменту осмотра.

3.32 **фактическая наработка t_A, ч** (actual duration of operation): Действительное количество часов работы машины, после которого производится осмотр кавитационных разрушений.

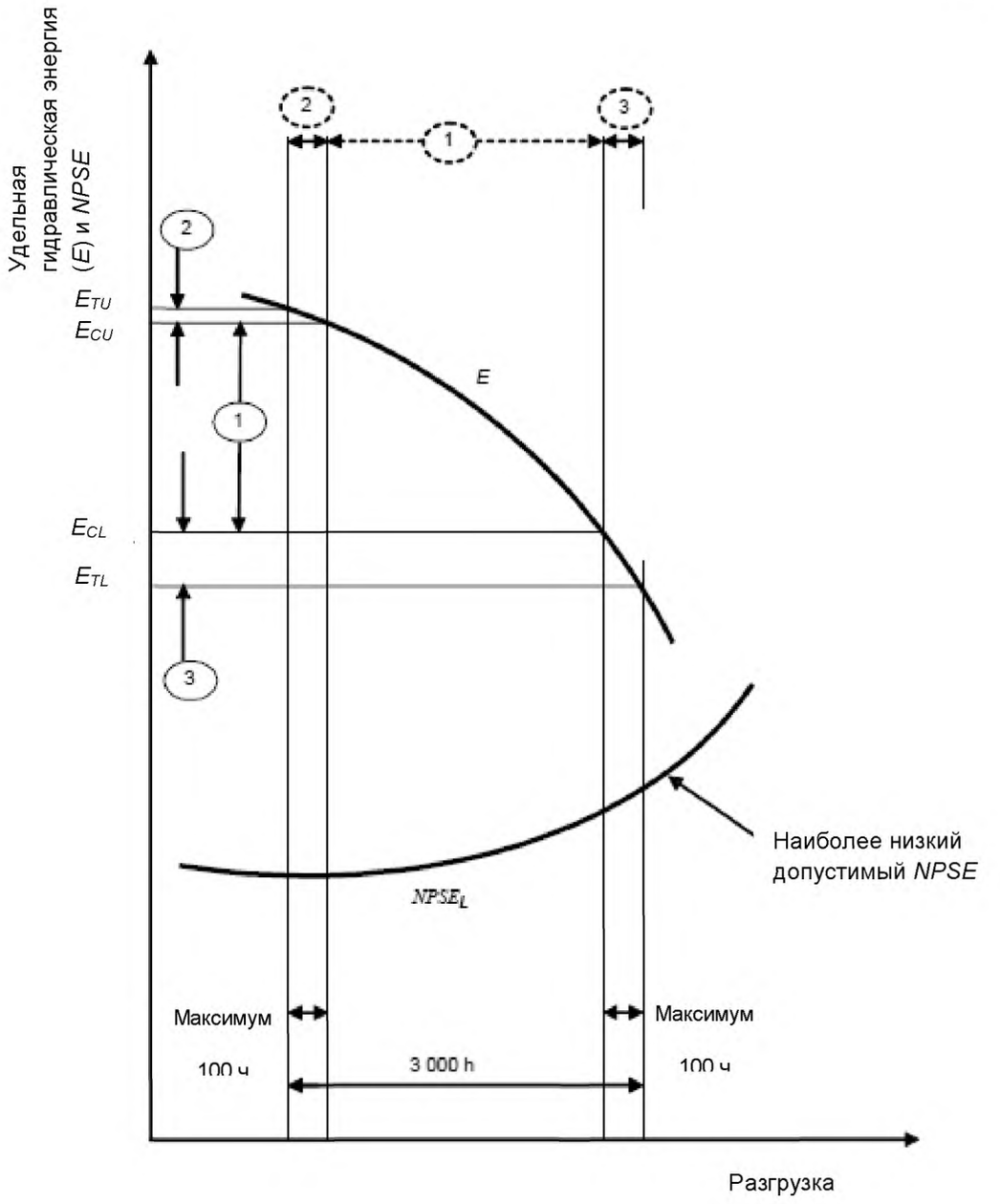
3.33 ***NPSE*, Дж/кг** (net positive suction specific energy, *NPSE*): Чистая положительная удельная энергия всасывания при работе.

3.34 $NPSE_L$: Минимальное допустимое значение *NPSE* (см. 3.15).



Примечание — Рисунок приведен для продолжительности работы в соответствии с 4.3. График на рисунке приведен только в качестве примера. На практике кривая $NPSE_L$ может значительно отличаться от приведенной на рисунке и в отдельных случаях может затрагивать и линии P_{CU}, P_{CL}, а также промежуточные нагрузки

Рисунок 1 — Рабочие диапазоны турбин и турбонасосов во время работы в режиме турбины



Примечание — Рисунок приведен для продолжительности работы в соответствии с 4.3. График на рисунке приведен только в качестве примера. На практике кривая $NPSE_L$ может значительно отличаться от приведенной на рисунке

1 — непрерывный нормальный диапазон; 2 — временный диапазон работы высокой удельной гидравлической энергии; 3 — временный диапазон работы низкой удельной гидравлической энергии

Рисунок 2 — Рабочие диапазоны для гидроагрегатов и турбонасосов во время работы в режиме насоса

4 Основные условия оценки кавитационного питтинга

Допустимое значение кавитационного питтинга должно быть установлено в соответствии с приложением А.

Значение показателя кавитационного питтинга устанавливают на основе анализа состояния воды, содержащей твердые частицы в соответствии с приложением Б.

4.1 Гарантийный срок по кавитационному питтингу

Если не установлено иное, то гарантийный срок или гарантийная наработка по кавитационному питтингу будут такими же, как установлено в техническом задании для гидравлической машины в целом.

Гарантийный срок и гарантийная наработка по кавитационному питтингу устанавливаются в техническом задании.

4.2 Определение объема кавитационного питтинга

В техническом задании устанавливают:

а) допустимый обмен материала, уносимого при кавитационном питтинге, во время базовой наработки, определяемой в соответствии с 4.3.1;

б) методы измерения и расчета объема кавитационного питтинга, используемые при выполнении гарантий в соответствии с 5.2.

Гарантийный срок по кавитационному питтингу следует определять с учетом потери материала:

- объемом «*V*» на роторе/рабочем колесе (см. 3.28);
- на роторе/рабочем колесе на глубину «*S*»;
- на невращающихся частях на объем «*V*»;
- на невращающихся частях на глубину «*S*».

Гарантии по кавитационному питтингу могут быть установлены путем ограничения максимальной глубины *S* (см. 3.26) или ограничения объема материала *V*, унесенного при кавитационном питтинге (см. 3.28), или установления значений обоих параметров.

Объем материала *V*, унесенный при кавитационном питтинге на одной лопасти ротора/рабочего колеса, не должен превышать значения *Y* от всего объема, нормируемого для ротора/рабочего колеса:

Y = 0,4 — для осевых турбин (Каплана, пропеллерных и. т. д);

Y = 0,15 — для радиально-осевой турбины;

Y = 0,3 — для насосов и насосных турбин;

Y = 0,3 — для диагональных поворотно-лопастных турбин и турбонасосов.

Для всех невращающихся частей осевых турбин, осевых турбонасосов, осевых гидронасосов, диагональных поворотно-лопастных турбин и турбонасосов величины глубины *S* и объем *V* будут равняться величинам, указанным для ротора/рабочего колеса. Для всех невращающихся частей радиально-осевых турбин, насосов и центробежных турбонасосов значение объема *V* будет равняться половине значения, указанного для ротора/рабочего колеса, а значение глубины *S* — значению, указанному для ротора/рабочего колеса.

4.3 Диапазоны режимов работы машины и продолжительность работы

Для установления гарантийного срока по кавитационному питтингу и его оценке необходимо указать диапазоны режимов работы машины в отношении удельной гидравлической энергии, мощности и *NPSE* (см. рисунки 1 и 2) вместе с соответствующей продолжительностью работы.

Техническое задание устанавливает соотношения между:

- P_{TU} и P_{CU} (только в турбинном режиме работы);
- P_{TL} и P_{CL} (только в турбинном режиме работы);
- E_{TU} и E_{CU};
- E_{TL} и E_{CL}.

Если требуется, чтобы машина работала без кавитационного питтинга в соответствии с приложением В, то рекомендуется, чтобы E_{TL} равнялось E_{CL}; $E_{TU} — E_{CU}$, а $P_{TU} — P_{CU}$.

Если техническое задание устанавливает нормальный непрерывный диапазон работы машины, то учитывают:

$P_{TU} = 1{,}05\ P_{CU}$;

$P_{TL} = 0$;

$E_{TU} = E_{CU}$;

$E_{TL} = E_{CL}$.

Удельные гидравлические энергии, мощности, уровни верхнего и нижнего бьефа или высота всасывания, а также продолжительность работы фиксируются для каждой машины во время гарантийного срока. Заказчик имеет право проверить выполнение согласованных условий.

4.3.1 Базовая наработка

Для оценки кавитационного питтинга следует применять следующие базовые наработки:

а) для машин, работающих с высоким коэффициентом использования мощности (например, турбин, работающих в базовом режиме), — 8000 ч;

б) для машин, имеющих низкий коэффициент использования мощности (например, гидротурбин, работающих в пиковом режиме, насосов и турбонасосов гидроаккумулирующих станций и турбонасосов, работающих в насосном режиме), — 3000 ч.

4.3.2 Фактическая наработка

С начала работы машины и до момента оценки кавитационного питтинга должны вестись записи работы гидроаккумулирующей электростанции, которые учитывают продолжительность временной рабочей зоны и величину нагрузки и удельной гидравлической энергии.

Если не установлено иное условие, то гарантия по кавитационному питтингу утрачивает свою силу в случае, если превышена фактическая продолжительность работы машины в следующих режимах:

а) для гидротурбины или турбонасоса, работающих в режиме турбины:

- продолжительность работы во временной рабочей зоне с перегрузкой, как определено в 3.10 (см. рисунок 2) — 100 ч;
- продолжительность работы во временной рабочей зоне с пониженной нагрузкой, как определено в 3.11 (см. рисунок 2) — 500 ч;
- продолжительность работы во временной рабочей зоне низкой удельной гидравлической энергии, как определено в 3.12 (см. рисунок 2) — 50 ч;
- продолжительность работы во временной рабочей зоне высокой удельной гидравлической энергии, как определено в 3.13 (см. рисунок 2) — 50 ч;

б) для насосов гидроаккумулирующих электростанций и турбонасосов, работающих в насосном режиме:

- продолжительность работы во временной рабочей зоне низкой удельной гидравлической энергии, как определено в 3.12 (см. рисунок 2) — 100 ч;
- продолжительность работы во временной рабочей зоне высокой удельной гидравлической энергии, как определено в 3.13 (см. рисунок 2) — 100 ч.

Продолжительность работы длительностью 50 ч, 100 ч и 500 ч, показанное выше, служит базовой наработкой 8000 ч и 3000 ч. Продолжительность работы должна быть скорректирована соответствующим образом, если базовая наработка отличается от 8000 ч или 3000 ч.

4.3.3 Особые условия

Время, необходимое для пуска или остановки гидравлической машины, должно быть включено в фактическую наработку. Если не установлено иное условие, то при работе гидротурбины с нагрузкой ниже P_{TL} или насоса (или гидронасоса в насосном режиме) с нагрузкой выше E_{TU} продолжительность режимов пуска и остановки должна быть ограничена. Время, при котором ротор/рабочее колесо машины вращается без нагрузки, должно быть исключено из расчета фактической наработки.

Турбины с двойным регулированием (например, турбины Каплана) для обеспечения выполнения гарантийного срока по кавитационному питтингу настраивают «на упоре». Регулировка угла поворота рабочего колеса и угла поворота лопаток направляющего аппарата выполняется в тестовом режиме перед началом работы, чтобы минимизировать потенциальные повреждения машины.

Турбонасосы для обеспечения выполнения гарантийного срока по кавитационному питтингу регулируются в режиме насоса с предварительно установленным открытием лопаток направляющего аппарата с учетом удельной гидравлической энергии. Заказчик имеет право на проверку выполнения данного условия (открытие лопаток направляющего аппарата с учетом удельной гидравлической энергии) за время, установленное техническим заданием. Данная проверка должна выполняться сразу после начала работы, чтобы минимизировать потенциальные повреждения машины.

5 Методы оценки кавитационного питтинга

5.1 Оценка кавитационного питтинга во время гарантийного срока

Заказчик производит осмотр гидравлической машины в целях выявления дефектов на ней в течение установленного периода. Короткая запланированная остановка работы гидравлической

машины в начале гарантийного периода позволит своевременно выявить, устранить и/или запланировать действия по устранению причин недостатков. Данный подход позволяет избежать длительного простоя позднее и может увеличить срок службы гидравлической машины.

Если до окончания гарантийного срока по кавитационному питтингу заказчик (с помощью полирования и/или сварки):

- производит значительный ремонт повреждений вследствие кавитационного питтинга;
- восстанавливает деформированные элементы конструкций, подверженные кавитационному питтингу,

то гарантийная наработка по кавитационному питтингу согласно 3.5 рассчитывается с момента, когда гидравлическая машина будет снова запущена в работу.

Если гидравлическая машина подверглась минимальному (незначительному) ремонту (ремонт выполнен с помощью незначительного шлифования и/или полирования), то гарантийный срок по кавитационному питтингу по соглашению между изготовителем и заказчиком может не прерываться.

5.2 Методы измерения и расчет объема кавитационного питтинга

Измерение кавитационного питтинга в целях выполнения гарантий проводят до истечения гарантийного срока или гарантийной наработки по кавитационному питтингу.

Осмотр может быть проведен в течение 80% — 120% от времени, установленного в техническом задании. Объем кавитационного питтинга определяется путем использования методов измерения, описываемых ниже. Выбранные методы измерения должны быть указаны в техническом задании. Шлифование не выполняется перед измерением, если отсутствует соглашение на измерение максимальной глубины. Местное шлифование выполняется перед измерением максимальной глубины, после измерения объема. Шлифование выполняется в случае, если это не влияет на результаты измерения объема кавитационного питтинга. Если шлифование выполняется, то рекомендуется измерить объем кавитационного питтинга методом, описанным в 5.2.3а).

5.2.1 Максимальную глубину S_i любой области с питтингом следует определять глубиномером с использованием шаблона либо другого приспособления, которые устанавливают на неповрежденную поверхность детали, и воспроизводят первоначальные контуры в зоне разрушения материала.

Погрешность измерения не должна превышать ±10% от максимальной глубины, но не более 1мм.

5.2.2 Отдельные участки поврежденной поверхности A_i разграничивают краской или чернилами в случае, если контуры являются неровными и область питтинга имеет изгибы во всех трех измерениях — и отпечатки поврежденной поверхности переносят на прочную бумагу посредством контакта или калькирования. Площадь отпечатков на бумаге следует определять планиметрированием либо подсчетом квадратов, если была использована бумага с размерной сеткой.

Погрешность измерения не должна превышать ±10%.

Область питтинга определяется поврежденным участком, у которого глубина питтинга более 0,5 мм. Определение общих объемов повреждений, даже если некоторые из повреждений настолько малы, что не учитываются гарантийными условиями, может быть полезным.

5.2.3 Потери материала V определяются одним из способов:

а) непосредственным измерением объема пластической массы, требуемой для восстановления первоначальной неразрушенной формы поверхности. Если разрушение вызвано кавитацией на поверхности, искривленной во всех трех измерениях, то форму поверхности следует контролировать с помощью шаблонов или других подходящих устройств.

Погрешность измерения не должна превышать ±15%;

б) приблизительным вычислением, которое следует делать по одной из следующих формул:

$$V=\sum(k_1S_1A_1+ k_2S_2A_2+\ldots+ k_iS_iA_i) \quad (1)$$

или

$$V=k\sum(S_1A_1+S_2A_2+\ldots+ S_iA_i), \quad (2)$$

где k_1, k_2, k_i ... или k = 0,5, если иное не указано в техническом задании в зависимости от формы поврежденной поверхности;

A_1, A_2, A_i ... определяют в соответствии с 5.2.2.

6 Вычисление результатов и выполнение гарантии

Гарантии по кавитационному питтингу считаются выполненными, если по истечении эксплуатационного периода в диапазонах режимов установления, согласованных в соответствии с 4.3, результат измерения с учетом погрешности измерения, не превышает гарантийного значения с учетом поправки, указанной в 4.2, и соответствует формуле:

$$C_A=C_R\ (t_A/t_R), \tag{3}$$

где C_A — фактическое значение показателя кавитационного питтинга (*S* и/или *V*), полученное при измерении кавитационного питтинга;

C_R — гарантированное предельное значение показателя кавитационного питтинга (*S* и/или *V*) для базовой наработки;

t_A — фактическая наработка в соответствии с 3.7;

t_R — базовая наработка в соответствии с 3.6.

При невыполнении гарантий решение принимается согласно техническому заданию.

Дополнительным техническим заданием может быть предусмотрено использование покрытия, устойчивого к кавитационному питтингу.

Во всех случаях гарантией кавитационного питтинга предполагается, что $NPSE \geq NPSE_L$.

Приложение А
(справочное)

Условия, влияющие на гарантийный срок по кавитационному питтингу

Гарантийный срок по кавитационному питтингу в гидравлических реактивных турбинах, гидроагрегатах и гидронасосах указывается в техническом задании и зависит от технических характеристик гидроаккумулирующей электростанции, например эффективности и др. Объем кавитационного питтинга зависит главным образом от следующих факторов:

а) тип и конструкция машины;

б) материал, состояние поверхностей деталей, подверженных кавитации;

в) настройка устройства, например значение кавитационного коэффициента (σ) на установке;

г) продолжительность эксплуатации и режимы работы;

д) качество воды.

Первые два из описанных выше факторов относятся к машине, остальные зависят от рабочих условий гидроаккумулирующей электростанции. Поэтому гарантийный срок по кавитационному питтингу устанавливают в техническом задании по соглашению между изготовителем и заказчиком.

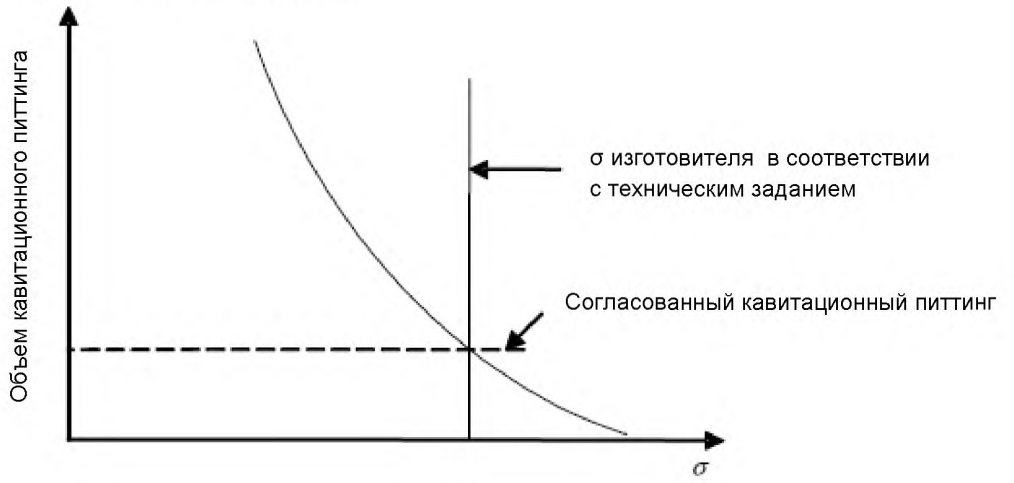
Могут быть использованы следующие методы установки величины кавитационного питтинга:

- установка согласованного изготовителем и заказчиком кавитационного питтинга в зависимости от технического задания с учетом размера турбины или насоса, скорости вращения, материалов, состояния поверхностей, условий работы и т.д. (см. рисунок А.1а);

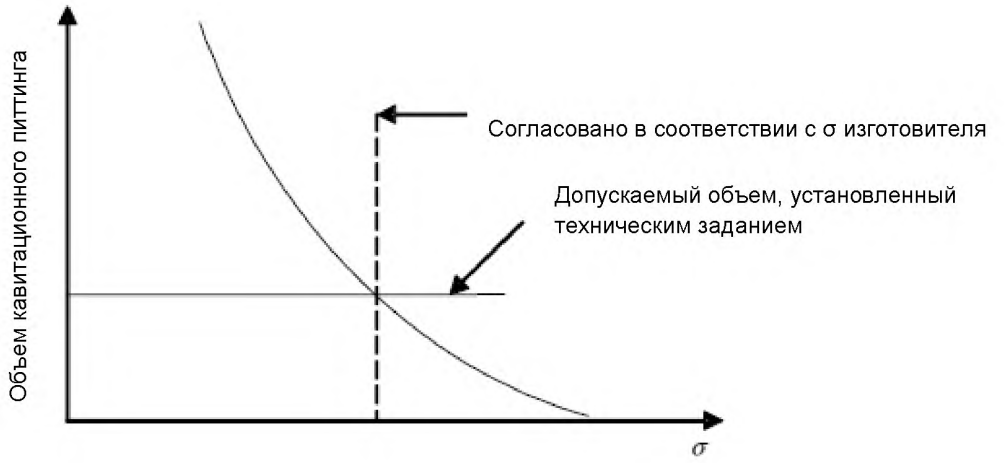
- установка максимального объема кавитационного питтинга в техническом задании, и осуществление настройки гидравлической машины с учетом этого значения (см. рисунок А.1б).

Машина может работать практически без кавитационного питтинга, если это требует заказчик, однако более экономично назначить небольшой объем кавитационного питтинга. В случае с подземными силовыми станциями стоимость дополнительного погружения в воду обычно является сравнительно низкой.

Нельзя использовать общие рекомендации по расчету объема кавитационного питтинга, т.к. каждая установка является уникальной. Поэтому рекомендуется производить нормирование кавитационного питтинга для каждого случая и предельные значения указывать в техническом задании. Например, нормирование кавитационного питтинга в зависимости от устройства (более высокое значение кавитационного коэффициента (σ) на установке, требующее более высоких затрат на инженерные работы) и/или конструкции ротора/рабочего колеса (форма и/или материал) могут сократить объем кавитационного питтинга. Преимуществами более высокой покупной цены являются снижение затрат при работе и/или ремонт, а также снижение потери электроэнергии во время отключения устройства.



а)



б)

Рисунок А.1 — Объем кавитационного питтинга как функция σ для данного устройства при равномерной производительности

Приложение Б
(справочное)

Анализ состояния воды

Предполагается, что вода не является химически агрессивной средой. В случаях, если вода считается химически агрессивной средой, гарантированная величина кавитационного питтинга рассчитывается на основании анализа состояния воды. Установление ограничений и рекомендаций по расчету гарантированной величины кавитационного питтинга в зависимости от химической агрессивности и, соответственно, химического состава воды, а также материалов гидравлической машины, не является задачей настоящего стандарта.

Если вода является химически агрессивной, то это следует учитывать при установлении гарантий по кавитационному питтингу. Если кавитационный питтинг происходит в зонах повреждения, где они могут отдельно поддаваться химической или электрохимической коррозии, то такие повреждения исключаются из оценки кавитационного питтинга.

Абразивный износ, который происходит вследствие загрязнения воды твердыми частицами (например, песком) не считается кавитационным питтингом. Если гидравлическая машина работает в воде, содержащей значительное количество твердых частиц, то потеря массы материала увеличивается за счет совместного воздействия как кавитационного питтинга (если имеется), так и абразивного износа. Степень увеличения разрушений зависит от различных аспектов, например от концентрации осадков, минерального состава, градации размера и параметров столкновения (например, сравнительной скорости и угла падения), а также от характеристик материала и рабочих условий гидравлической машины. Если поверхность изменяется вследствие абразивной эрозии, то может возникнуть повреждение, вызванное кавитационным питтингом, которое ускоряется из-за изменения формы потока жидкости. При измерении повреждения важно помнить, что внешний вид и механизм разрушений из-за кавитационного питтинга и абразивной эрозии разные. Если кавитационный питтинг происходит в зонах, где повреждения обусловлены процессами трения, то они должны исключаться из оценки кавитационного питтинга.

Примеры объемов кавитационного питтинга и методы измерения, приведенные в настоящем стандарте, относятся только к повреждениям кавитационного питтинга. Однако некоторые гидроплощадки работают в воде, содержащей значительное количество твердых частиц по крайней мере в течение нескольких месяцев в году. Настоящий стандарт не нормирует количество твердых частиц в воде, которые приводят к эрозии материлов машины вследствие трения.

В техническом задании устанавливают допустимое значение твердых частиц в воде, тип минералов и размер твердых частиц (песка). Если эти значения превышают допустимое значение, то составляется специальное соглашение, в котором указываются потери объема материала, вызванные в отдельности кавитационным питтингом и абразивной эрозией. Однако на практике представляется крайне сложным измерить их раздельно. Предпочтительнее, чтобы заказчик давал гарантию на суммарную потерю материала, обусловленную кавитационным питтингом и абразивным износом.

Приложение В
(справочное)

Примеры объемов кавитационного питтинга

На рисунках В.1 и В.2 приведены в качестве примеров диапазоны режимов работы гидравлической машины, в которых могут быть выбраны значения максимальной глубины *S* в миллиметрах и объём *V* в кубических сантиметрах для ротора/рабочего колеса любого типа машины — любой материал при нормальном использовании, например, нержавеющая сталь или углеродистая сталь с покрытием из нержавеющей стали или для любых из двух ориентировочных сроков продолжительности выполнения работ, как определено в 4.3.1.

Определенные значения учитывают следующие условия:

- значительные ремонтные работы в течение двух лет эксплуатации;
- глубина повреждений, которая не влияет на прочность гидравлической машины.

Следует отметить, что данные значения объема *V* являются действительными для всего ротора/рабочего колеса, а не только для лопасти.

Следует понимать, что данные значения являются примером. Существуют случаи, когда будут выбираться большие или меньшие значения в зависимости от определенного проекта и/или рабочих характеристик гидравлической машины.

Гидравлической машиной без кавитационного питтинга может считаться машина, работающая с объемом кавитационного питтинга, соответствующего 1/4 минимальных значений (см. рисунки В.1 и В.2).

Принятые значения должны располагаться в пределах границ, указанных на рисунках В.1 и В.2 (за исключением машин без кавитационного питтинга (как отмечено выше)).

Верхняя граница (см. рисунки В.1 и В.2), которая указывает на большую тенденцию к кавитационному питтингу, будет рассматриваться, если имеет место одно из следующих условий:

- большой рабочий диапазон удельной гидравлической энергии и/или мощности;
- пограничное или недостаточное *NPSE*;
- материал с устойчивостью к кавитационному питтингу, более низкой, чем нержавеющая сталь;
- анализ качества состояния воды, который является приемлемым;
- замена ротора/рабочего колеса.

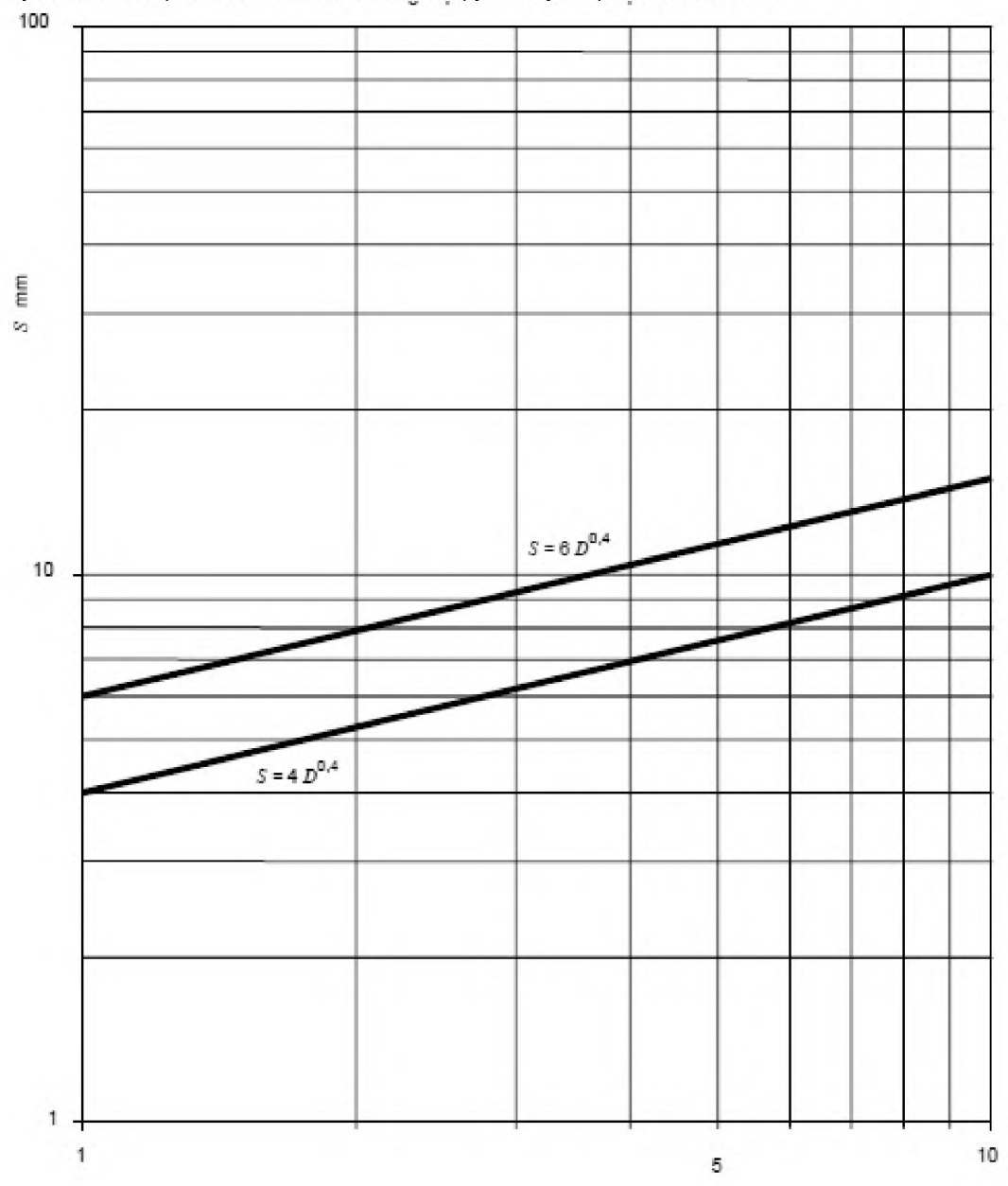


Рисунок В.1 — Примеры максимально допустимых значений глубины кавитационного питтинга для ротора/рабочего колеса

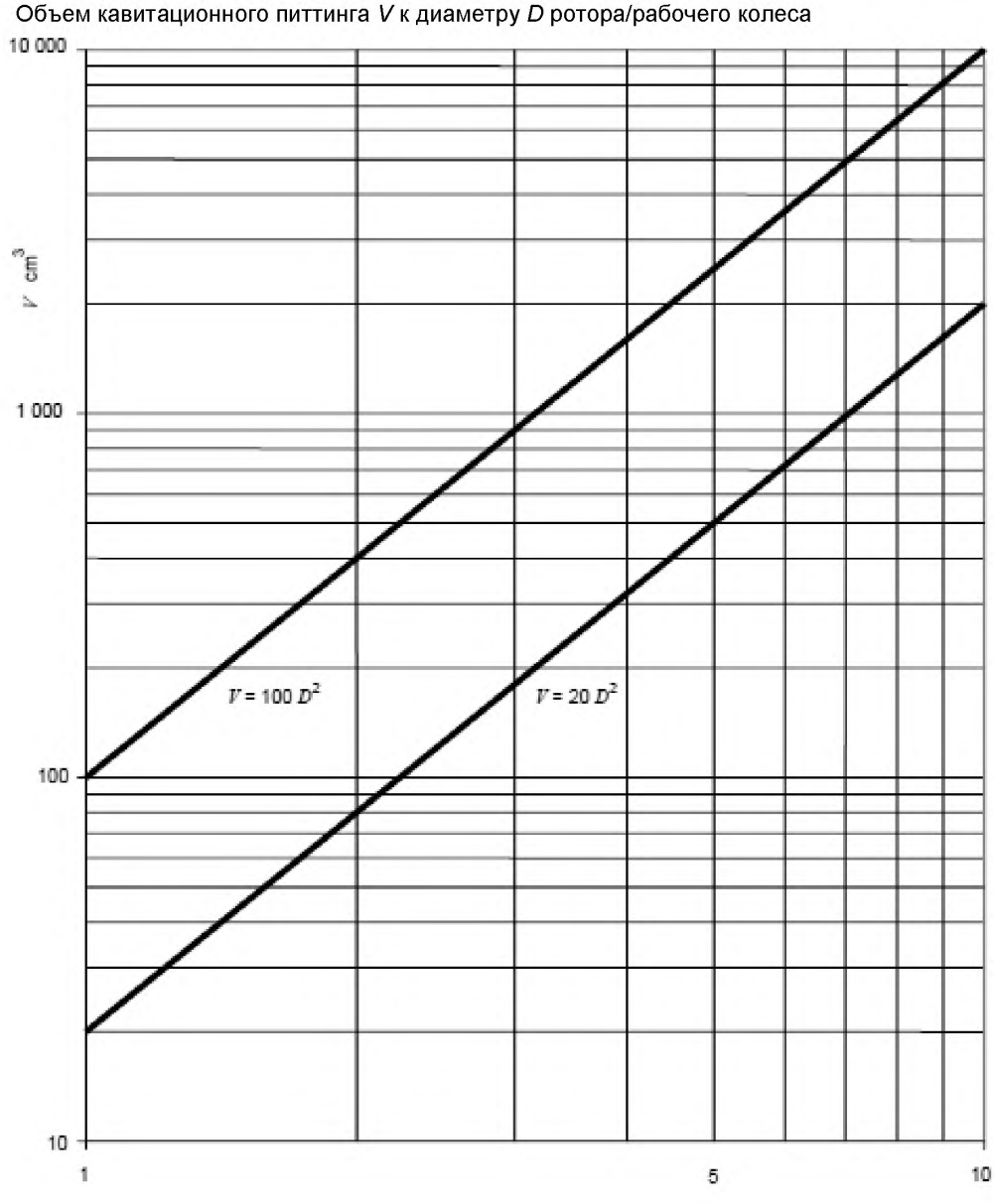


Рисунок В.2 — Примеры максимально допустимых значений объема кавитационного питтинга для ротора/рабочего колеса

Приложение ДА
(обязательное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта
ГОСТ Р 27.002–2009	NEQ	МЭК 60050 (191) Надежность и качество услуг.
ГОСТ 27807–88	NEQ	IEC 60545 (545) Турбины гидравлические. Руководство по вводу в эксплуатацию, работе и обслуживанию
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - NEQ — неэквивалентные стандарты.		

УДК 621.22:006.86 ОКС 27.140 ОКП 31 1000

Ключевые слова: турбины гидравлические, гидроагрегаты, турбонасосы, гидроаккумулирующие электростанции, показатели, кавитационный питтинг, оценка, измерения.

Подписано в печать 02.10.2014. Формат 60х84⅛.
Усл. печ. л. 2,33. Тираж 34 экз. Зак. 4548

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»,
123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru