ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55562— 2022 (МЭК 60609-1:2004)

ТУРБИНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ, НАСОС-ТУРБИНЫ И НАСОСЫ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ. ОЦЕНКА КАВИТАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ

Часть 1

Оценка в реактивных турбинах, насос-турбинах и насосах гидроаккумулирующих электростанций

(IEC 60609-1:2004, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Силовые машины — ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт» (АО «Силовые машины») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 июля 2022 г. № 620-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60609-1:2004 «Турбины гидравлические, гидроагрегаты гидроаккумулирующих электростанций и турбонасосы. Оценка кавитационной эрозии. Часть 1. Оценка в реактивных турбинах, гидроагрегатах гидроаккумулирующих электростанций 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) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту, а также путем изменения его структуры для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ 1.5—2001 (подразделы 4.2 и 4.3).

Условия, влияющие на гарантийный срок по кавитационной эрозии, приведены в дополнительном приложении ДА.

Сведения об анализе состояния воды приведены в дополнительном приложении ДБ.

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта приведено в дополнительном приложении ДВ

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 55562—2013 (МЭК 60609-1:2004)

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». 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 ежемесячного 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.e-ecolog.ru

© IEC, 2004
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

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 2
4 Основные условия оценки кавитационной эрозии 4
5 Методы оценки кавитационной эрозии 6
6 Вычисление результатов и выполнение гарантии 7
Приложение А (обязательное) Примеры объемов кавитационной эрозии 8
Приложение ДА (справочное) Условия, влияющие на гарантийный срок по кавитационной эрозии . . . 11
Приложение ДБ (справочное) Анализ состояния воды 13
Приложение ДВ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта 14

Введение

Основными отличиями настоящего стандарта от международного стандарта МЭК 60609-1:2004 являются:

- рисунок 1, который характеризует рабочий диапазон гидротурбин и гидравлической насос-турбины во время работы в режиме турбины, заменен на более понятный и однозначный. Форма рисунка переработана с точки зрения корректного использования терминологии и приближена к реальной (выпускаемой) эксплуатационной характеристике гидротурбины (насос-турбины), которая будет понятна и удобна для использования эксплуатационным персоналом на станции, а также специалистам, участвующим в разработке технических требований на поставку гидротурбинного оборудования;

- рисунок 2, который характеризует рабочий диапазон гидравлических насос-турбин и гидравлических турбонасосов во время работы в режиме насоса, заменен на более понятный и однозначный. Измененная форма рисунка приближена к реальной насосной характеристике и проработана с точки зрения корректного использования терминологии;

- верхний рекомендуемый предел объема кавитационной эрозии пересмотрен для существующих типов рабочих колес. На рисунке А.2 верхний рекомендуемый предел объема кавитационной эрозии, ранее определяемый по формуле $V = 100 \cdot D^2$, был изменен на $V = 60 \cdot D^2$.

ОКС 27.140

Поправка к ГОСТ Р 55562—2022 (МЭК 60609-1:2004) Турбины гидравлические, насос-турбины и насосы гидроаккумулирующих электростанций. Оценка кавитационной эрозии. Часть 1. Оценка в реактивных турбинах, насос-турбинах и насосах гидроаккумулирующих электростанций

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Приложение А. Рисунок А.2, ось ординат	V, м^3	V, см^3

(ИУС № 5 2023 г.)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТУРБИНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ, НАСОС-ТУРБИНЫ И НАСОСЫ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.

ОЦЕНКА КАВИТАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ

Часть 1

Оценка в реактивных турбинах, насос-турбинах и насосах гидроаккумулирующих электростанций

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

Дата введения — 2022—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы оценки и измерений показателей кавитационной эрозии в реактивных турбинах, насос-турбинах и насосах гидроаккумулирующих электростанций 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.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 27.102 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения

ГОСТ Р МЭК 62364 Гидравлические машины. Руководство по предотвращению гидроабразивной эрозии в поворотно-лопастных, радиально-осевых и ковшовых турбинах

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 следует 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.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ Р 27.102*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **базовая наработка t_R:** Наработка машины, используемая как база для задания значений показателей, определяющих гарантийные обязательства.

3.2 **высота отсасывания H_s, м:** Положительная или отрицательная высота условной точки рабочего колеса турбины с отсасывающей трубой, относительно уровня воды в нижнем бьефе.

3.3 **гарантии по кавитационной эрозии:** Допустимый унос материала от кавитационной эрозии за время базовой наработки.

3.4 **гарантийная наработка по кавитационной эрозии:** Наработка в пределах гарантийного срока по кавитационной эрозии.

3.5 **гарантированное предельное значение показателя кавитационной эрозии C_R, мм, см^3:** Гарантированный предел величины кавитационной эрозии для базовой наработки.

3.6 **гарантийный срок по кавитационной эрозии:** Количество месяцев или лет эксплуатации машины, в течение которых действуют гарантии по кавитационной эрозии.

3.7 **диаметр рабочего колеса D, м:** В случаях работы турбины Каплана и пропеллерной гидротурбины — внешний выходной диаметр рабочего колеса; радиально-осевой турбины и насос-турбины (при работе в турбинном режиме) — выходной диаметр рабочего колеса; гидроагрегатов и насосов при работе в режиме насоса — внутренний диаметр рабочего колеса.

3.8 **диапазон режимов работы:** Диапазон работы, ограниченный для турбин линиями ограничения минимальной и максимальной мощности и минимальным и максимальным напором (см. рисунок 1), для насос-турбин и насосов в насосном режиме — минимальным и максимальным расходом (Q) (см. рисунок 2).

3.9 **кавитация:** Явление нарушения сплошности (однородности) потока жидкости вследствие образования пустот — пузырьков и/или целых полостей, заполненных газом и/или парами, выделившимися из жидкости в результате гидродинамических процессов.

3.10 **кавитационный коэффициент (коэффициент Тома) σ:** Отношение наибольшего, допустимого по соображениям кавитации, в рабочем колесе турбины динамического разрежения к ее рабочему напору.

3.11 **кавитационная эрозия:** Потери (унос) материала в результате кавитации.

3.12 **коэффициенты k_1, k_2, k_3, ..., k_i:** Коэффициенты, используемые для приблизительного вычисления объема кавитационной эрозии.

Примечание — См. 5.2.4, перечисление b).

3.13 **максимальная глубина кавитационной эрозии S, мм:** Абсолютная максимальная глубина кавитационной эрозии, измеряемая от первоначальной поверхности материала.

Примечание — См. 5.2.2.

3.14 **максимальные глубины отдельных зон эрозии S_1, S_2, S_3, ..., S_i, мм:** Максимальные глубины в отдельных зонах повреждений, измеряемые от уровня первоначальной поверхности материала.

Примечание — См. 5.2.3 и 5.2.4, перечисление b).

3.15 **масса унесенного материала m, кг:** Масса материала, унесенного в результате кавитационной эрозии.

Примечание — Масса унесенного материала m не используется в уравнениях в настоящем стандарте. Коэффициент преобразования приведен для того, чтобы пользователь мог преобразовать объем стали в массу, если это предусмотрено контрактом; плотность стали приблизительно составляет $\rho \approx 7{,}8$ кг/дм^3.

3.16 **мощность гидромашины (мощность) N, МВт:** В турбинном режиме — мощность, отдаваемая турбиной (или насос-турбиной в насосном режиме) приводимой ею машине (эффективная мощность на валу); в насосном режиме — мощность, отдаваемая потоку.

3.17 **напор гидроаккумулирующей электростанции H, м:** Напор статический, определяемый как $H = E/g$ (разность отметок верхнего и нижнего бьефов).

3.18 **напор турбины H_T, м (H_{netto}):** Разность удельных энергий воды у входа в турбину и в нижнем бьефе за выходом из турбины.

3.19 **объем материала V, см^3:** Объем материала, унесенного в результате кавитационной эрозии.

3.20 **площади отдельных зон кавитационной эрозии A_1, A_2, A_3, ..., A_i, см^2:** Площади отдельных зон кавитационной эрозии.

Примечание — См. 5.2.3 и 5.2.4, перечисление b).

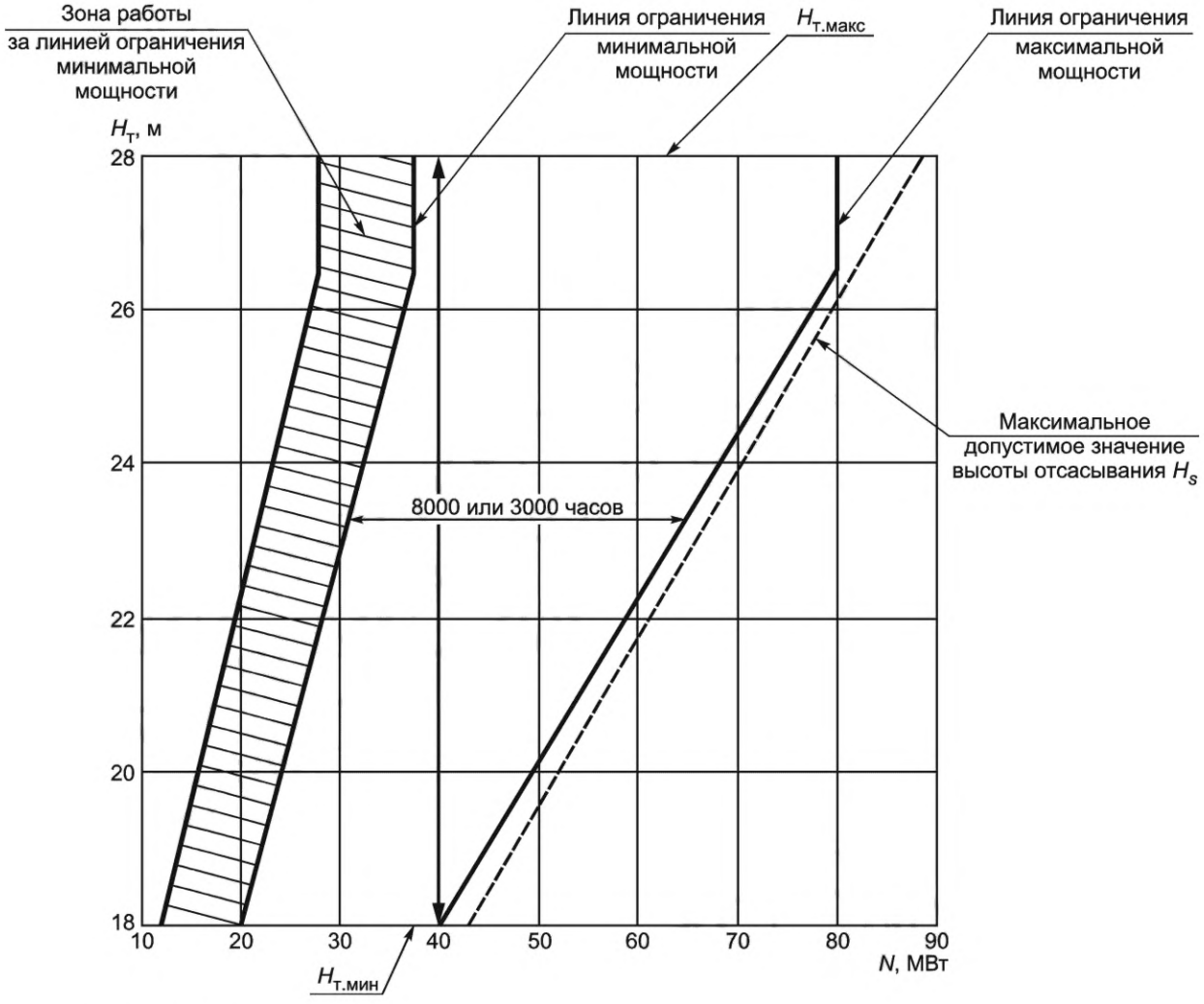
3.21 **удельная гидравлическая энергия E, Дж/кг:** Удельная гидравлическая энергия машины, определяемая как $E = gH$.

Примечание — См. 3.17.

3.22 **ускорение свободного падения g, м/с^2:** Гравитационная постоянная.

3.23 **фактическое значение показателя кавитационной эрозии для фактической наработки C_A, мм, см^3:** Фактическое значение показателя кавитационной эрозии на момент осмотра.

3.24 **фактическая наработка t_A, ч:** Действительное количество часов работы машины на момент осмотра кавитационной эрозии.

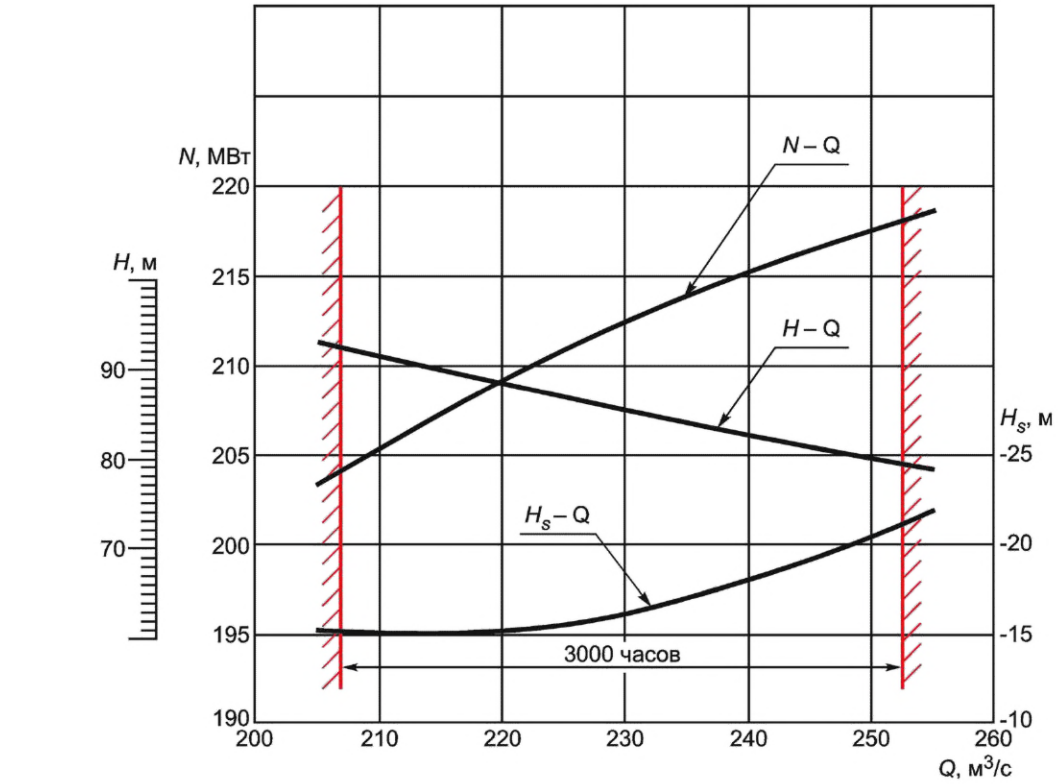


Примечания

1 Положение линий ограничения минимальной и максимальной мощностей, а также размеры зоны за линией ограничения минимальной мощности и допустимое время работы в этой зоне определяется по результатам натурных испытаний.

2 Рисунок приведен для продолжительности работы в соответствии с *4.4*. График $H_s = f(N)$ на рисунке приведен только в качестве примера. На практике кривая H_s может значительно отличаться от приведенной на рисунке и в отдельных случаях может затрагивать линии ограничения максимальной и минимальной мощности, а также промежуточной мощности.

Рисунок *1* — Пример рабочего диапазона гидротурбины и гидравлической насос-турбины во время работы в режиме гидротурбины



— граница рабочей зоны по максимальному напору;

— граница рабочей зоны по минимальному напору

Примечание — Рисунок приведен для продолжительности работы в соответствии с *4.4*. График $H_s = f(N)$ на рисунке приведен только в качестве примера. На практике кривая H_s может значительно отличаться от приведенной на рисунке.

Рисунок *2* — Пример рабочего диапазона для гидравлических насос-турбин и гидравлических турбонасосов во время работы в режиме насоса

4 Основные условия оценки кавитационной эрозии

4.1 Условия, влияющие на гарантийный срок по кавитационной эрозии, устанавливают в соответствии с *приложением ДА*.

Значение показателя кавитационной эрозии устанавливают на основе анализа состояния воды — (в т. ч. содержания твердых частиц в воде) в соответствии с *приложением ДБ.*

4.2 Гарантийный срок по кавитационной эрозии

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

Гарантийный срок и гарантийная наработка по кавитационной эрозии устанавливают в техническом задании.

4.3 Определение объема кавитационной эрозии

В техническом задании устанавливают:

a) допустимый унос материала от кавитационной эрозии, во время базовой наработки, определяемой в соответствии с *4.4.1*;

b) методы измерения и расчета объема унесенного материала от кавитационной эрозии, используемые при выполнении гарантий в соответствии с *5.2*.

Гарантии по кавитационной эрозии могут быть установлены путем ограничения максимальной глубины S (см. *3.12*) или ограничения объема материала V, унесенного при кавитационной эрозии (см. *3.14*), или установления значений обоих параметров.

Для всех вращающихся частей гидротурбин, насос-турбин и турбонасосов величины глубины S и объем V будут равняться величинам, указанным для рабочего колеса в соответствии с приложением А (см. рисунки А.1 и А.2).

Объем унесенного материала V от кавитационной эрозии на одной лопасти рабочего колеса не должен превышать значения Y от всего объема, нормируемого для рабочего колеса:

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

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

Y = 0,3 — для насосов и насос-турбин;

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

Для невращающихся частей осевых турбин, осевых насос-турбин, осевых гидронасосов, диагональных поворотно-лопастных турбин и турбонасосов величины глубины S и объем V будут равняться значениям, указанным для рабочего колеса.

Для невращающихся частей радиально-осевых турбин, насосов и центробежных турбонасосов значение объема V будет равняться половине значения, указанного для рабочего колеса, а значение глубины S — значению, указанному для рабочего колеса.

4.4 Диапазоны режимов работы машины и продолжительность работы

4.4.1 Диапазоны режимов работы гидротурбины по напору, мощности и максимальной высоте отсасывания H_S устанавливают в соответствии с эксплуатационной характеристикой для гидротурбин и насос-турбин в режиме турбины, с расходной характеристикой насос-турбины или насоса (H-Q), характеристикой высоты отсасывания (H_S-Q) (см. рисунки 1 и 2).

Гарантийный срок выбирают в соответствии с рисунками 1 и 2.

Заказчик гидротурбины фиксирует значения напора ($H_т$, H), мощности, уровней верхнего и нижнего бьефа или высоты отсасывания, а также продолжительность работы для каждой машины во время гарантийного срока. Поставщик гидротурбины имеет право проверить выполнение согласованных условий.

4.4.2 Базовая наработка

Для оценки кавитационной эрозии следует применять следующие базовые наработки:

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

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

4.4.3 Фактическая наработка

Должна быть зафиксирована наработка гидроагрегата и выработка электроэнергии гидроагрегата на момент гарантийного осмотра.

С начала работы гидроагрегата и до момента оценки кавитационной эрозии должны вестись записи напора ($H_т$, H), мощности, уровня верхнего и нижнего бьефа или высоты отсасывания.

Если были уточнены линии ограничения минимальной и максимальной мощности, минимального и максимального напора, а также продолжительность работы в зоне за линией ограничения минимальной мощности, то эти изменения следует учитывать в значении фактической наработки.

4.4.4 Особые условия

Время, необходимое для пуска или остановки гидравлической машины, должно быть включено в фактическую наработку.

Время, при котором рабочее колесо гидроагрегата вращается без нагрузки (холостой ход, режим синхронного компенсатора), должно быть исключено из расчета фактической наработки.

Для турбин с двойным регулированием (поворотно-лопастные турбины) для обеспечения выполнения гарантийного срока по кавитационной эрозии при пусконаладочных испытаниях настраивают комбинаторную зависимость (соотношение между открытием направляющего аппарата и углом разворота лопасти), чтобы минимизировать гидравлические потери и кавитационную эрозию.

5 Методы оценки кавитационной эрозии

5.1 Оценка кавитационной эрозии во время гарантийного срока

5.1.1 Изготовитель должен иметь возможность осмотреть гидравлическую машину после установленного периода. Короткая запланированная остановка работы гидравлической машины в начале гарантийного периода позволит своевременно выявить, устранить и/или запланировать действия по устранению причин кавитационной эрозии. Данный подход позволяет избежать длительного простоя позднее и может увеличить срок службы гидроагрегата.

5.1.2 Если в гарантийный период гидроагрегата при достижении гарантийной наработки не выполнены гарантии по кавитационной эрозии и произведен значительный ремонт повреждений вследствие кавитационной эрозии, то гарантийную наработку по кавитационной эрозии продлевают и рассчитывают с момента, когда гидроагрегат будет снова запущен в работу.

5.1.3 Если гидроагрегат подвергся минимальному (незначительному) ремонту (ремонт выполнен с помощью незначительного шлифования и/или полирования), то гарантийный срок по кавитационной эрозии по соглашению между изготовителем и заказчиком может не прерываться.

5.2 Методы измерения и расчет объема кавитационной эрозии

5.2.1 Измерение кавитационной эрозии в целях выполнения гарантий проводят до истечения гарантийного срока или гарантийной наработки по кавитационной эрозии.

Осмотр может быть проведен в течение 80 % — 120 % от времени, установленного в техническом задании. Объем кавитационной эрозии определяют путем использования методов измерения, описываемых ниже. Выбранные методы измерения должны быть указаны в техническом задании. Шлифование не выполняют перед измерением, если отсутствует соглашение на измерение максимальной глубины. Местное шлифование выполняют перед измерением максимальной глубины, после измерения объема. Шлифование выполняют в случае, если это не влияет на результаты измерения объема кавитационной эрозии. Если шлифование выполняют, то рекомендуется измерить объем кавитационной эрозии методом, описанным в *5.2.4*a).

5.2.2 Максимальную глубину S_i любой области с кавитационной эрозией 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 1 мм.

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

Погрешность измерения не должна превышать ±10 %.

Область эрозии определяется поврежденным участком, у которого глубина эрозии более 0,5 мм.

5.2.4 Потери материала V определяют одним из способов:

a) 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 %;

b) приблизительным вычислением по одной из следующих формул

$$V = \Sigma(k_1 S_1 A_1 + k_2 S_2 A_2 + ... + k_i S_i A_i), \quad (1)$$

или

$$V = k\Sigma(S_1 A_1 + S_2 A_2 + ... + S_i A_i), \quad (2)$$

где k_1, k_2, k_i ... или k = 0,5, если иное не выбрано по взаимному согласию заказчика и поставщика в зависимости от формы поврежденной поверхности при определении выполнения гарантий;

A_1, A_2, A_i ... определяют в соответствии с 5.2.3.

6 Вычисление результатов и выполнение гарантии

6.1 Гарантии по кавитационной эрозии считают выполненными, если по истечении эксплуатационного периода в диапазонах режимов, установленных и согласованных в соответствии с *4.4*, результат измерения с учетом погрешности измерения не превышает гарантийного значения с учетом поправки, указанной в *4.3*, и соответствует формуле:

$$C_A = C_R(t_A / t_R). \qquad (3)$$

где C_A — фактическое значение показателя кавитационной эрозии (S и/или V), полученное при измерении кавитационной эрозии;

C_R — гарантированное предельное значение показателя кавитационной эрозии (S и/или V) для базовой наработки;

t_A — фактическая наработка в соответствии с *3.24*;

t_R — базовая наработка в соответствии с *3.1*.

6.2 При невыполнении гарантий решение принимают согласно техническому заданию.

6.3 Дополнительным техническим заданием может быть предусмотрено использование покрытия, устойчивого к кавитационной эрозии.

6.4 Во всех случаях гарантией кавитационной эрозии предполагается, что высота отсасывания H_s не превышает максимальную (см. рисунки 1 и 2).

Приложение А
(обязательное)

Примеры объемов кавитационной эрозии

А.1 На рисунках А.1 и А.2 приведены в качестве примеров диапазоны режимов работы гидравлической машины, в которых могут быть выбраны значения максимальной глубины S, мм, и объем V, $см^3$, для 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 *4.4.2*.

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 значения объема V и глубины S применяются ко всей проточной части рабочего колеса, данные значения являются ориентировочными.

Существуют случаи, когда будут выбирать большие или меньшие значения в зависимости от проектной документации и/или рабочих характеристик гидравлической машины.

А.2 Гидравлическая машина может считаться бескавитационной, если объем унесенного металла от кавитационной эрозии не превышает 1/4 от нижней границы (см. рисунок А.2).

А.3 Принятые значения следует располагать в пределах границ, указанных на рисунках А.1 и А.2 (за исключением бескавитационных машин, как отмечено выше).

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

- большой диапазон режимов работы гидротурбины по напору и мощности;
- высота отсасывания H_s превышает предел максимальной высоты отсасывания;
- материал с устойчивостью к кавитационной эрозии, более низкой, чем нержавеющая сталь;
- анализ качества состояния воды, который является приемлемым;
- замена рабочего колеса.

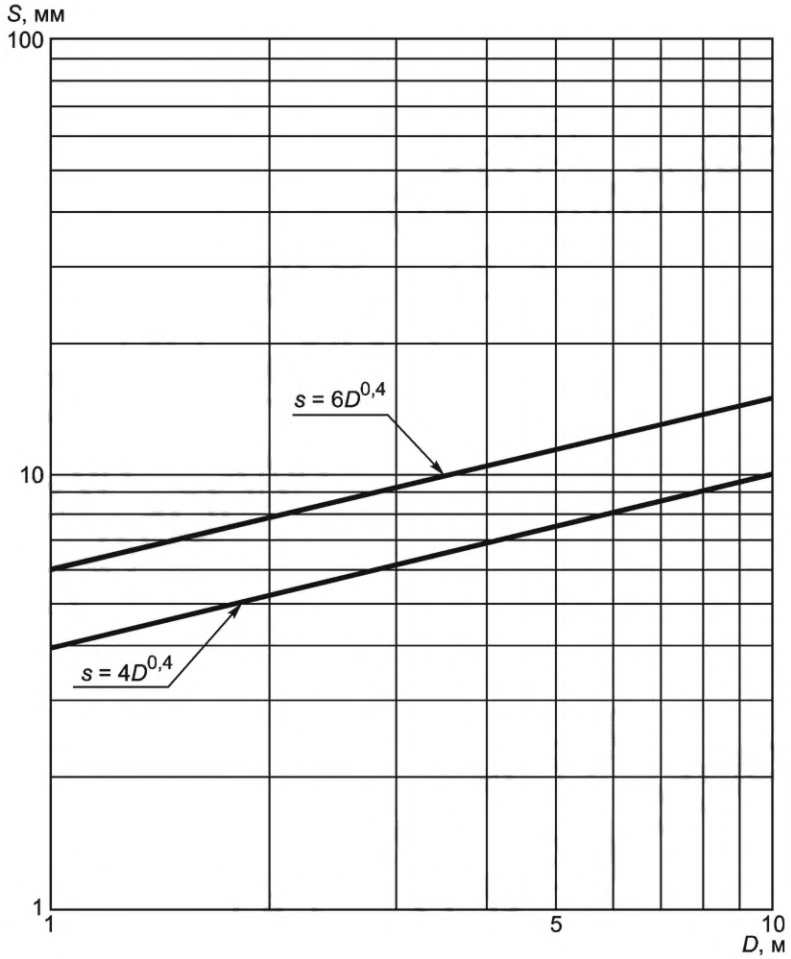


Рисунок А.1 — Примеры максимально допустимых значений глубины кавитационной эрозии для рабочего колеса

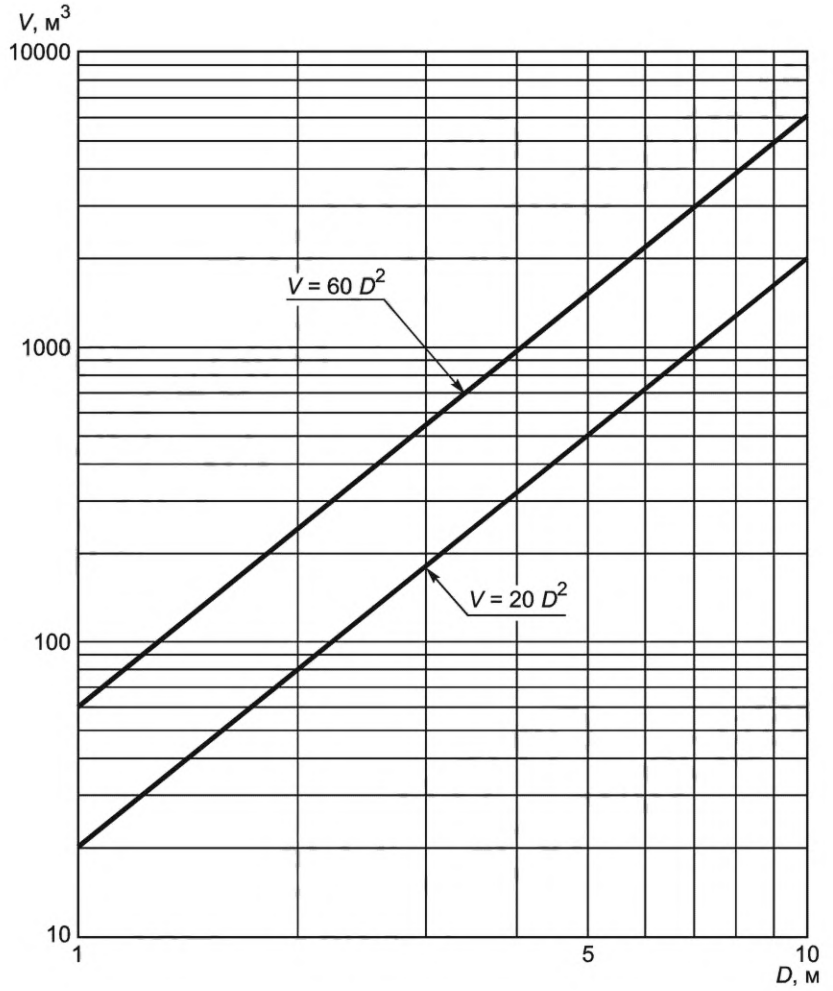


Рисунок А.2 — Примеры максимально допустимых значений объема кавитационной эрозии для рабочего колеса

Приложение ДА
(справочное)

Условия, влияющие на гарантийный срок по кавитационной эрозии

ДА.1 Гарантийный срок по кавитационной эрозии в реактивных турбинах, насос-турбинах и насосах гидроаккумулирующих электростанций указывается в техническом задании и зависит от технических характеристик гидро- и гидроаккумулирующих электростанций, например эффективности и др. Объем кавитационной эрозии 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 гидро- и гидроаккумулирующих электростанций. Поэтому гарантийный срок по кавитационной эрозии устанавливают в техническом задании по соглашению между изготовителем и заказчиком.

Могут быть использованы следующие методы установки величины кавитационной эрозии:

- объем кавитационной эрозии, согласованный изготовителем и заказчиком, в зависимости от технического задания с учетом размера турбины или насоса, скорости вращения, материалов, состояния поверхностей, условий работы и т. д. [см. рисунок ДА.1а)];

- максимальный объем кавитационной эрозии в техническом задании и осуществление настройки гидравлической машины с учетом этого значения [см. рисунок ДА.1б)].

ДА.2 По требованию заказчика, машина может работать практически без кавитационной эрозии, однако более экономично назначить небольшой объем кавитационной эрозии. В случае с подземными силовыми станциями стоимость дополнительного погружения в воду, как правило, является сравнительно низкой.

ДА.3 Нельзя использовать общие рекомендации по расчету объема кавитационной эрозии, т. к. каждая установка является уникальной. Поэтому рекомендуется производить нормирование кавитационной эрозии для каждого случая и предельные значения указывать в техническом задании. Например, нормирование кавитационной эрозии в зависимости от устройства (более высокое значение кавитационного коэффициента σ на установке, требующее более высоких затрат на инженерные работы) и/или конструкции рабочего колеса (форма и/или материал) могут сократить объем кавитационной эрозии. Преимуществами более высокой покупной цены являются снижение затрат при работе и/или ремонт, а также снижение потери электроэнергии во время отключения устройства.

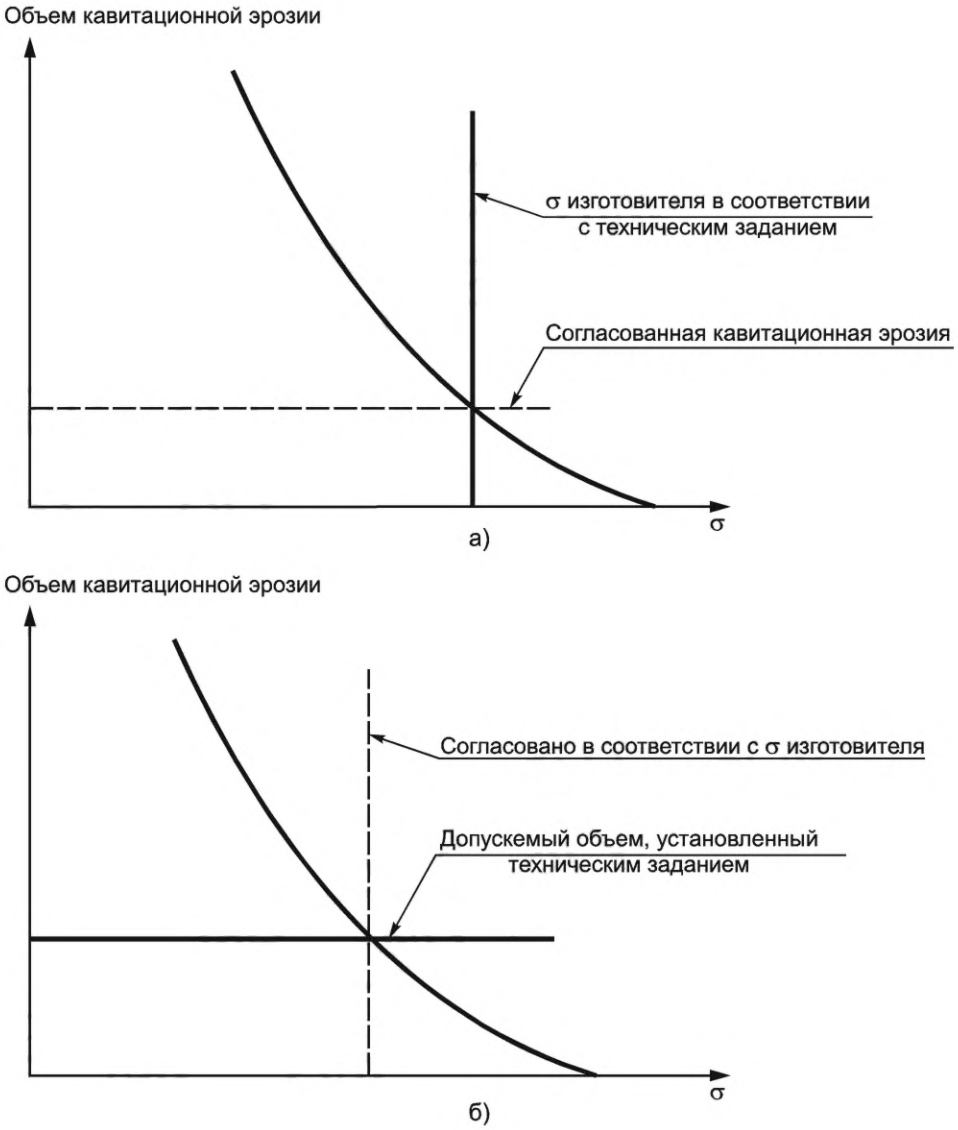


Рисунок ДА.1 — Объем кавитационной эрозии как функция кавитационного коэффициента σ для данного устройства при равномерной производительности

Приложение ДБ
(справочное)

Анализ состояния воды

ДБ.1 Предполагается, что вода не является химически агрессивной средой. В случаях если вода является химически агрессивной средой, гарантированную величину кавитационной эрозии рассчитывают на основании анализа состояния воды. Установление ограничений и рекомендаций по расчету гарантированной величины кавитационной эрозии 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 кавитационной эрозии. Если кавитационная эрозия происходит в зонах повреждения, где они могут отдельно поддаваться химической или электрохимической коррозии, то такие повреждения исключаются из оценки кавитационной эрозии.

ДБ.2 Абразивный износ, который происходит вследствие загрязнения воды твердыми частицами (например, песком), не считают кавитационной эрозией. Если гидравлическая машина работает в воде, содержащей значительное количество твердых частиц, то масса унесенного материала увеличивается за счет совместного воздействия как кавитационной эрозии (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, 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 кавитационной эрозией, которая ускоряется из-за изменения формы потока жидкости. При измерении повреждения важно помнить, что внешний вид и механизм разрушений из-за кавитационной эрозии и абразивной эрозии разные.

При совместном воздействии абразивной и кавитационной эрозии оценку кавитационной эрозии не выполняют.

Примеры объемов кавитационной эрозии и методы измерения, приведенные в настоящем стандарте, относятся только к повреждениям кавитационной эрозии. Однако некоторые гидростанции работают на воде, содержащей значительное количество твердых частиц, по крайней мере в течение нескольких месяцев в году. Настоящий стандарт не определяет параметры наносов в воде.

Аспекты абразивной износостойкости материалов гидротурбины, насос-турбины и насосов гидроаккумулирующих электростанций рассмотрены в *ГОСТ Р МЭК 62364.*

Приложение ДВ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица ДВ.1

Структура настоящего стандарта	Структура международного стандарта IEC 60609-1:2004
1 Область применения	1 Область применения и объект стандартизации
*	1.1 Обоснование исключения пунктов
**	1.2 Факторы, которые необходимо учитывать в отношении химического состава воды
**	1.3 Факторы, которые необходимо учитывать в отношении воды, содержащей твердые частицы
2 Нормативные ссылки	1.4 Нормативные ссылки
3 Термины и определения	2 Термины, определения и условные обозначения
**	2.1 Единицы измерения
**	2.2 Термины и определения
4 Основные условия оценки кавитационной эрозии	3 Характер и объем гарантий по кавитационной эрозии
4.1***	
4.2 Гарантийный срок по кавитационной эрозии	3.1 Гарантийный период
4.3 Определение объема кавитационной эрозии	3.2 Определение объема кавитационной эрозии
4.4 Диапазоны режимов работы машины и продолжительность работы	3.3 Рабочие диапазоны и продолжительность рабочего цикла
5 Методы оценки кавитационной эрозии	4 Методики
5.1 Оценка кавитационной эрозии во время гарантийного срока	4.1 Ремонт кавитационной эрозии в течение гарантийного срока
5.2 Методы измерения и расчет объема кавитационной эрозии	4.2 Измерение и расчет объема кавитационной эрозии
6 Вычисление результатов и выполнение гарантии	5 Расчет результатов и выполнение гарантийных условий
Приложение А Примеры объемов кавитационной эрозии	Приложение А Примеры величины кавитационной эрозии
Приложение ДА Условия, влияющие на гарантийный срок по кавитационной эрозии***	
Приложение ДБ Анализ состояния воды***	
Приложение ДВ Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта	

* Данный раздел исключен.

** Данный раздел исключен, т. к. его положения размещены в других разделах настоящего стандарта.

*** Включение в настоящий стандарт данных подраздела и приложений обусловлено необходимостью приведения его в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5.

УДК 621.22:006.86:006.354 ОКС 27.140

Ключевые слова: турбины гидравлические, гидроагрегаты, насос-турбины, гидроаккумулирующие электростанции, показатели, кавитационная эрозия, оценка, измерения

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 14.07.2022. Подписано в печать 18.07.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

ОКС 27.140

Поправка к ГОСТ Р 55562—2022 (МЭК 60609-1:2004) Турбины гидравлические, насос-турбины и насосы гидроаккумулирующих электростанций. Оценка кавитационной эрозии. Часть 1. Оценка в реактивных турбинах, насос-турбинах и насосах гидроаккумулирующих электростанций

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Приложение А. Рисунок А.2, ось ординат	V, м^3	V, см^3

(ИУС № 5 2023 г.)

gost.e-ecolog.ru