

27456-87



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ РЕЗЬБОВЫЕ

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ
НА ВИБРОПРОЧНОСТЬ

ГОСТ 27456-87

Издание официальное



СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ РЕЗЬБОВЫЕ

Порядок проведения испытаний на вибропрочность

Threaded pipe-line connections.
Procedure of vibration strength testing

ГОСТ

27456-87

ОКСТУ 4193

Дата введения 01.01.89

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт устанавливает порядок испытаний резьбовых соединений трубопроводов на вибропрочность для оценки долговечности резьбовых соединений трубопроводов с заданной вероятностью разрушения по ГОСТ 20467-85 и схематизации случайных процессов при статистическом представлении результатов оценки виброн нагружения соединений по ГОСТ 25.101-83.

Термины, определения и обозначения, применяемые в стандарте, — по ГОСТ 23207-78 и ГОСТ 27.002-83.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Целью испытаний в соответствии с ГОСТ 25.507-85 является обеспечение требуемой безотказности и долговечности резьбовых соединений трубопроводов в эксплуатации.

1.2. Испытания всех видов соединений на вибропрочность должны проводиться при периодических и типовых испытаниях.

1.3. Выбор характеристик процессов нагружения должен соответствовать обобщенной или частной математической модели, учитывающей характер во времени и внутреннюю структуру процесса нагружения близкого к реальным условиям эксплуатации.

1.4. Объем испытаний устанавливается с учетом возможного рассеяния механических свойств материала элементов соединений, подверженных вибрационным нагрузкам, и должен быть достаточным для оценки сопротивления усталости изготавливаемых соединений.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

2.1. По результатам испытаний определяются: характеристика наклона кривой усталости в системе координат

$$\sigma - \lg N \text{ или } \lg \sigma - \lg N;$$

число циклов до точки перелома кривой усталости;
среднее значение предела выносливости;
среднее квадратическое отклонение значений предела выносливости;
коэффициент чувствительности к асимметрии нагружения.

2.2. Результаты периодических и типовых испытаний в виде характеристик сопротивления усталости вносятся в паспорт партии соединений, из которой произведена выборка испытанных соединений.

Среднее значение и среднее квадратическое отклонение значений предела выносливости представляют в виде экспериментальных выборочных значений и в виде доверительных интервалов для указанных характеристик с доверительными вероятностями 0,95 и 0,99.

3. ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ПАРТИЯ

3.1. Испытаниям подвергаются резьбовые соединения в сборе с трубопроводом (или его частью), изготовленные в соответствии с государственными стандартами на конструкцию соединений.

3.2. Соединения, отобранные для испытаний, должны быть случайной выборкой из партии соединений одного типоразмера.

3.3. Объем выборки из партии соединений одного типоразмера устанавливается в зависимости от точности характеристик сопротивления усталости, определяемой доверительными интервалами, которые в относительных величинах не должны превышать

$$\frac{t_g}{\sqrt{n}} \cdot \frac{S_R}{\bar{\sigma}_R} \leq 0,025, \quad (1)$$

где n — объем выборки, $\bar{\sigma}_R$ — выборочное среднее значение предела выносливости, S_R — выборочное среднее квадратическое отклонение значений предела выносливости, t_g — квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности не менее 0,95.

3.4. Для сопоставления характеристик сопротивления усталости с другими характеристиками элементов соединений следует определять те свойства, которые могут существенно повлиять на характеристики сопротивления усталости:

геометрические характеристики элементов в зоне опасного сечения;
шероховатость поверхности элементов в этой же зоне;

характеристики материалов элементов (химический состав, структура, механические свойства и т.д.).

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

4.1. Испытания соединений осуществляются на прошедшем поверку оборудовании.

4.2. Оборудование должно быть аттестовано с указанием точности воспроизведения и измерения нагрузок, а также точности регистрации числа циклов переменных нагружений.

4.3. Оборудование при испытаниях должно обеспечивать;

внутреннее пульсирующее или статическое давление, равное полторакратному условному давлению, установленному стандартом на конструкцию соединений;

вибронагружение, обеспечивающее в опасных сечениях элементов соединений растягивающие напряжения, близкие по величине пределу текучести материалов.

4.4. Оборудование должно быть оснащено.

средствами регистрации внутреннего давления;

приборами регистрации напряжений растяжения в опасных сечениях элементов конструкций;

счетчиком числа циклов переменных напряжений;

автоматическим выключателем оборудования при потере соединением герметичности из-за усталостного повреждения элементов.

5. УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Испытания соединений на вибропрочность должны проводиться по схеме и в условиях, наиболее близких к эксплуатационным, и вызывать усталостное повреждение.

5.2. Соединения испытывают в условиях совместного действия внутреннего регулярного или случайного нагружения давлением и регулярно или случайного вибронагружения.

5.3. Вибронагружение задают при испытаниях в диапазоне растягивающих напряжений от 0,9 предела текучести материала до предела выносливости элементов.

5.4. Соединения должны быть собраны с моментами затяжки отдельных элементов, обеспечивающими герметичность во всем диапазоне нагрузок в течение всего периода испытаний.

5.5. Предельным напряжением соединения считается потеря герметичности из-за усталостного повреждения элементов.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

6.1. Выход испытательного оборудования на режим испытаний должен осуществляться без повышений установленных программой испытаний уровней внутреннего давления и вибрационной нагрузки.

6.2. Испытания каждого соединения необходимо проводить вплоть до потери герметичности соединения из-за усталостного разрушения элементов.

6.3. Если долговечность соединения лимитирует один элемент, испытания соединения прекращаются после усталостного разрушения данного элемента.

6.4. При близких вероятностях усталостного разрушения двух элементов соединения с потерей герметичности из-за усталостного повреждения одного элемента испытания не прекращаются, а продолжаются после замены поврежденного элемента до усталостного разрушения второго элемента.

6.5. Программу испытаний составляют с учетом следующих условий:
вида соединения;

материала элементов соединения;

области применения, определяющей характер нагружения, а также результаты сопоставления средних значений предела выносливости, полученных по оцениваемой программе и прямыми статистическими оценками после фиксированного числа циклов нагружений.

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

7.1. Результаты испытаний для описания одной кривой усталости представляют в виде значений растягивающих нагружений (σ_i), перпендикулярных усталостной трещине на поверхности опасного сечения элементов, и соответствующих напряжениям чисел циклов (N_i) до предельного напряжения.

7.2. Характеристики сопротивления усталости по результатам испытаний вычисляют методами регрессионного анализа или наименьших квадратов с использованием уравнений кривой усталости, описывающих как наклонный, так и горизонтальный участки кривой усталости. Уравнения кривой усталости должны содержать следующие параметры:

характеристику наклона кривой усталости в системе координат

$$\sigma - \lg N \left(V = \left| \frac{d\sigma}{d \lg N} \right| \right) \text{ или } \lg \sigma - \lg N \left(m = \left| \frac{d \lg N}{d \lg \sigma} \right| \right);$$

число циклов до точки перелома кривой усталости (N);

среднее значение предела выносливости ($\bar{\sigma}_R$).

Вид уравнения кривой усталости не регламентируется.

Решение о применимости уравнения для определения характеристик сопротивления элементов соединений усталости принимают по положительным результатам сопоставления средних значений предела выносливости, полученных с использованием уравнения и прямыми статистическими оценками.

7.3. Для каждого испытанного соединения с использованием уравнения кривой усталости определяют случайное значение предела выносливости поврежденного элемента (σ_{Ri}), а для всей выборки испытанных элементов — среднее квадратическое отклонение значений предела выносливости:

$$S_R = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot (\bar{\sigma}_{Ri} - \bar{\sigma}_R)^2}. \quad (2)$$

7.4. Для среднего значения и среднего квадратического отклонения значений предела выносливости определяют доверительные интервалы с доверительной вероятностью 0,95 и 0,99.

7.5. По результатам испытаний двух выборок определяют коэффициент чувствительности асимметрии нагружения элементов соединений при симметричных и отнулевых циклах нагружения. При этом используют значения предела выносливости для симметричного ($\bar{\sigma}_{-1}$) и отнулевого ($\bar{\sigma}_0$) нагружений:

$$\psi = \frac{2\bar{\sigma}_{-1}}{\bar{\sigma}_0} - 1. \quad (3)$$

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

8.1. Результаты испытаний и характеристики сопротивления усталости элементов соединений представляют в виде протоколов (приложение 1 и 2).

8.2. Пример испытаний приведен в справочном приложении 3.

ПРОТОКОЛ № _____

Результаты испытаний соединений

1. Завод-изготовитель
2. Маркировка соединения
3. Испытательное оборудование
4. Характеристика нагружения давлением
5. Характеристика виброн нагружения
6. Максимальное значение давления
7. Коэффициент асимметрии цикла
8. Число испытанных соединений
- Начало конец испытаний.

№ п/п	Обозначение соединения по ГОСТ	Поврежденный элемент	Максимальное напряжение изгиба, МПа	Число циклов до предельного повреждения в тыс. циклов

Ответственный за испытания

(подпись)

Начальник отдела

(подпись)

ПРОТОКОЛ № _____

Характеристики сопротивления усталости соединений

1. Обозначение соединений по ГОСТ
2. Завод-изготовитель
3. Маркировка
4. Максимальное давление
5. Частота пульсации давления
6. Частота циклического изгиба
7. Число испытанных соединений
8. Число поврежденных элементов:
 - а) элемент _____
(наименование)
 - б) элемент _____
(наименование)

Протокол составлен _____
(дата)

№ п/п	Поврежденный элемент	R	V (или m)	N_G тыс. циклов	$\bar{\sigma}_R$ МПа	Доверительный интервал МПа	S_R МПа	Доверительный интервал МПа	ψ

Ответственный исполнитель

(подпись)

Начальник отдела

(подпись)

ИСПЫТАНИЯ НА ВИБРОПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ
2-12-M16 x 1,5 ГОСТ 24074-80

Ввертные концы штуцеров и гнезда под них изготавливают по ГОСТ 22526-77. Штуцер с корпусной деталью уплотняется с помощью медной прокладки (ГОСТ 23358-87) в отоженном состоянии, материал трубопровода (труба 12 x 1) — сталь 20. Испытательная партия соединений собирается (штуцера ввернуты в корпус, а врезные кольца поджаты накидной гайкой) с моментами затяжки, которые обеспечивают герметичность зон свививания во всем диапазоне нагрузок.

Моделирование эксплуатационных условий работы соединений осуществляют на специальной установке, позволяющей одновременно нагружать соединения циклическим изгибающим моментом и внутренним давлением жидкости. Испытанию подвергают выборку соединений — 16 шт. Каждое соединение испытывают при постоянной амплитуде напряжений изгиба, изменяющейся от соединения к соединению с шагом 5 МПа. За базу испытаний принимают $2,5 \cdot 10^4$ циклов нагружения. Напряжения в местах разрушения элементов соединения определяют по результатам тензометрирования действующего изгибающего момента и геометрическим размерам сечения.

Анализ результатов испытаний показывает, что на всех уровнях напряжений отказы соединений происходят из-за усталостного разрушения трубопроводов, следовательно долговечность соединения в целом лимитируется трубопроводом. Результаты испытаний соединений приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п.	1	2	3	4	5	6	7	8
σ , МПа	243,2	240,3	231,4	215,7	211,8	194,2	185,3	183,4
N , тыс. цикл.	36,0	42,0	54,0	108,0	117,0	180,0	258	525

Продолжение табл. 1

№ п/п.	9	10	11	12	13	14	15	16
σ , МПа	175,5	174,6	172,6	160,8	159,8	158,9	155,9	155,9
N , тыс. цикл.	531	345	381	1584	822	2235	1056	1275

Статистическую обработку результатов испытаний проводят с использованием уравнения кривой усталости

$$N = \frac{Q}{\sigma} \cdot \ln \left\{ 1 + \left[\exp \left(\frac{\sigma - \sigma_R}{V_0} \right) - 1 \right]^{-1} \right\}, \quad (1)$$

где N — число циклов до разрушения;
 σ — максимальное напряжение цикла, МПа;
 σ_R — предел выносливости при коэффициенте асимметрии R ;
 V_0 — параметр, характеризующий наклон кривой усталости, МПа;
 $Q = N_G \cdot \bar{\sigma}_R$ — коэффициент сопротивления усталости, МПа · цикл;
 N_G — число циклов до точки нижнего перелома кривой усталости;
 $\bar{\sigma}_R$ — среднее значение предела выносливости, МПа.

При обработке экспериментального ряда значений N_i и σ_i используют метод наименьших квадратов и уравнение (1) в записи

$$y_i = \bar{\sigma}_R + V_0 \cdot z_i,$$

где

$$y_i = \sigma_i; \quad z_i = \ln \left\{ 1 + \left[\exp \left(\frac{N_i \cdot \sigma_i}{Q} \right) - 1 \right]^{-1} \right\}.$$

Обработку ведут следующим образом. Задаются значением Q и определяют $\bar{\sigma}_R$ и V_0 :

$$\bar{\sigma}_R = \frac{\sum_{i=1}^k (z_i^2) \sum_{i=1}^k y_i - \left(\sum_{i=1}^k y_i \cdot z_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^k z_i \right)}{k \left(\sum_{i=1}^k z_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^k z_i \right)^2},$$

$$V_0 = \frac{k \left(\sum_{i=1}^k y_i \cdot z_i \right) - \left(\sum_{i=1}^k y_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^k z_i \right)}{k \left(\sum_{i=1}^k z_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^k z_i \right)^2}.$$

За искомое значение Q , а также значения $\bar{\sigma}_R$ и V_0 принимают расчетные значения, при которых

$$\sum_{i=1}^k (\sigma_{Ri} - \bar{\sigma}_R)^2 = \min.$$

Вычисления параметров уравнения кривой усталости проводят на ЭВМ ЕС-1020. Получают следующие значения параметров, соответствующие минимальному значению суммы $\sum (\sigma_{Ri} - \bar{\sigma}_R)^2 = 421,83 \text{ МПа}^2$

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_R &= 156,36 \text{ МПа}, \\ V_0 &= 39,89 \text{ МПа}, \\ Q &= 7,72 \cdot 10^7 \text{ МПа} \cdot \text{цикл}. \end{aligned}$$

Используя найденные значения $\bar{\sigma}_R$ и Q , оценивают число циклов до точки перелома кривой усталости

$$N_G = \frac{Q}{\bar{\sigma}_R} = 4,94 \cdot 10^5 \text{ циклов}.$$

Так как вычисленное значение меньше $2,5 \cdot 10^6$ циклов, принятую базу испытаний можно считать достаточной.

Определяют квадратическое отклонение и доверительные интервалы для среднего и квадратического отклонения значений предела выносливости

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_{Ri} - \bar{\sigma}_R)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{421,83}{16-1}} = 5,3 \text{ МПа}. \quad (2)$$

$$\bar{\sigma}_{R \max} = \bar{\sigma}_R + t_{gk} \frac{S}{\sqrt{n}} = 159,18 \text{ МПа},$$

$$\bar{\sigma}_{R \min} = \bar{\sigma}_R - t_{gk} \frac{S}{\sqrt{n}} = 153,53 \text{ МПа},$$

$t_{gk} = 2,132$ (для $k = n - 1 = 15$ при доверительной вероятности 0,95);

$$S_{\max} = S \cdot z_2 = 8,24 \text{ МПа},$$

$$S_{\min} = S \cdot z_1 = 3,91 \text{ МПа},$$

$z_1 = 0,738$, $z_2 = 1,554$ (для $n = 16$ при доверительной вероятности 0,95).
Определяют точность оценки среднего значения предела выносливости

$$\alpha = t_{gk} \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \frac{S}{\bar{\sigma}_R} = 2,132 \frac{1}{16} \cdot \frac{5,3}{156,36} = 0,018.$$

Это позволяет сделать вывод о достаточном объеме испытанной выборки.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Академией наук БССР, Государственным комитетом СССР по стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

Е.К. Почтенный (руководитель темы); А.И. Журавель; Б.В. Максимовский;
Г.В. Поляков; С.П. Порицкий

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.10.87 № 4038

3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 25.101-83	Вводная часть
ГОСТ 25.507-85	1.1
ГОСТ 27.002-83	Вводная часть
ГОСТ 20467-85	Вводная часть
ГОСТ 22526-77	Приложение 3
ГОСТ 23207-78	Вводная часть
ГОСТ 23358-87	Приложение 3
ГОСТ 24074-80	Приложение 3

Редактор *А. Л. Владимиров*
Технический редактор *М. И. Максимова*
Корректор *В. С. Черная*

Сдано в наб. 19.11.87 Подл. в печ. 04.01.88 0,75 усл. п.л. 0,75 усл. кр. отт.
0,61 уч.-изд.л. Тир. 25 000 Цена 3 коп.

Ордена "Знак Почета" Издательство стандартов, 123840, ГСП,
Новопроспектский пер., 3

Набрано в Издательстве стандартов на НПУ
Гип. "Московский печатник". Москва, Лялин пер., 6. Зак. 69/6