

та напряженного состояния с учетом ползучести (на рассматриваемом ресурсе t), по отношению к пределу длительной прочности $\sigma_{\Delta\Pi}^{\theta}$ при расчетной температуре φ , определенному на том же ресурсе t , принимается равным $n_{\Delta\Pi} \geq 1,5$.

Для роторов из стали Р2, Р2МА (25Х1М1ФА), изготовленных по действующим нормативным документам, допускается снижение этого запаса до $n_{\Delta\Pi} \geq 1,3$, если расчет напряженного состояния ротора в условиях ползучести выполнен по теории старения с использованием изохронных кривых.

5.8.3. Максимальная расчетная окружная деформация ползучести на расточке ротора за расчетный срок службы (наработку) не должна превышать:

для стали марок Р2, Р2МА (25Х1М1ФА) —
 0,7 % при ресурсе 10^5 ч,
 0,9 % при ресурсе $2 \cdot 10^5$ ч,
 1,0 % при ресурсе, превышающем $2 \cdot 10^5$ ч;

для сталей других марок —
 0,6 % при ресурсе 10^5 ч,
 0,7 % при ресурсе $2 \cdot 10^5$ ч,
 0,8 % при ресурсе, превышающем $2 \cdot 10^5$ ч.

5.8.4. Для зон концентрации напряжений, вычисленных с учетом ползучести (но без учета температурных напряжений), значения коэффициентов запаса длительной прочности, указанные в п. 5.8.2, принимаются на 10 % меньше.

5.8.5. Для роторов, работающих в условиях ползучести и циклического нагружения, кроме требований, предусмотренных в пп. 5.8.2—5.8.4, должны соблюдаться требования по суммарной накапливаемой поврежденности $[\Gamma]$ согласно формуле (11).

В развернутом виде это условие выражается формулами

$$[\Gamma] = \max \left\{ \left(\sum_{j=1}^{q'} \frac{t'_j}{[t_p]_j} + \sum_{l=1}^{k'} \frac{n'_l}{[N]_l} \right), n''_{\Pi} \cdot \left(\sum_{j=1}^{q'} \frac{t'_j}{t'_{pj}} + \sum_{l=1}^{k'} \frac{n'_l}{N'_{pl}} \right) \right\} +$$

$$+ \max \left\{ \left(\sum_{j=1}^{q''} \frac{t''_j}{[t_p]_j} + \sum_{l=1}^{k''} \frac{n''_l}{[N_p]_l} \right), n''_{\Pi} \cdot \left(\sum_{j=1}^{q''} \frac{t''_j}{t''_{pj}} + \sum_{l=1}^{k''} \frac{n''_l}{N''_{pl}} \right) \right\} \leq 1. \quad (27)$$

При определении допускаемой поврежденности $[П]$ с учетом запасов только по поврежденности $n'_п$ $n''_п$ условие (27) имеет следующий вид

$$[П] = n'_п \cdot \left(\sum_{j=1}^{q'} \frac{t'_j}{t'_{pj}} + \sum_{l=1}^{k'} \frac{n'_l}{N'_{pl}} \right) + n''_п \cdot \left(\sum_{j=1}^{q''} \frac{t''_j}{t''_{pj}} + \sum_{l=1}^{k''} \frac{n''_l}{N''_{pl}} \right) \leq 1 \quad (28)$$

при $n'_п = n''_п = n$ условие (28) имеет вид

$$[П] = \sum_{j=1}^{q'} \frac{t'_j}{t'_{pj}} + \sum_{l=1}^{k'} \frac{n'_l}{N'_{pl}} + \sum_{j=1}^{q''} \frac{t''_j}{t''_{pj}} + \sum_{l=1}^{k''} \frac{n''_l}{N''_{pl}} \leq \frac{1}{n}. \quad (29)$$

5.8.6. Запас по поврежденности для роторов $n_п$ принимается $n_п = 5$.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО И ПОЛНОГО РЕСУРСОВ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

6.1. Время живучести корпусных деталей с дефектами (трещинами) включается в их расчетный ресурс.

Соответственно полный и остаточный расчетные ресурсы корпуса $[L]$ и $[L]_{ост}$ (в годах) включают полную $[G]$ или остаточную $[G]_{ост}$ наработку (в годах) до появления трещины и расчетное время докритического роста трещины $[G^ж]$ и определяются формулами:

$$[L] \leq [G] + [G^ж]; \quad (30)$$

$$[L]_{ост} \leq [G]_{ост} + [G^ж]. \quad (31)$$

6.2. Поскольку в литых корпусных деталях велика вероятность наличия невыявленных при изготовлении металлургических и технологических дефектов, допускается определять полный и остаточный ресурсы таких деталей без учета времени до появления трещины, т.е. полагать в формулах (30) и (31) $[G] = 0$ и $[G^ж]_{ост} = 0$ соответственно.

В этом случае

$$[L]_{ост} = [L] = [G^ж]. \quad (32)$$

6.3. Первая часть полного и остаточного расчетных ресурсов корпуса $[G]$ и $[G]_{\text{ост}}$ определяются по формулам (18) и (13) – (15) соответственно, а вторая часть $[G^*]$ – по формуле (26).

6.4. Корпус может быть признан работоспособным, если после обнаружения трещины и необходимого ремонта его расчетный остаточный ресурс $[L]_{\text{ост}}$ будет превышать продолжительность запланированного межремонтного периода.

6.5. Оценки статической (кратковременной и длительной) прочности корпусов выполняются по различным критериям с учетом дифференциации их напряженного состояния по степени опасности его составляющих на три группы эквивалентных упругих (или условно упругих) напряжений, вычисляемых по общим и местным мембранным, изгибным, температурным и компенсационным напряжениям в соответствии с их классификацией по категориям и группам (приложение С.1 к настоящему Порядку).

Концентрация напряжений в зонах отверстий, пазов, выступов и патрубков при оценках статической прочности не учитывается.

6.6. Для оценок длительной статической прочности составляющие групп и категорий напряженного состояния и групп эквивалентных напряжений получают на основании расчетов с учетом ползучести. Допускается использовать в критериях длительной прочности завышенные значения напряжений из упругого расчета, если эти критерии удовлетворяются.

6.7. Оценки циклической прочности (допускаемых чисел циклов по разделу 2.3) и циклических составляющих поврежденности в (4), (5), (9) – (16), (18), (19) выполняются по амплитудам эквивалентных упругих (или условно упругих) напряжений, вычисляемых через все составляющие напряженного состояния (общие и местные мембранные, изгибные, температурные и компенсационные напряжения) с учетом их концентрации.

6.8. Оценки составляющих поврежденности от ползучести в (4), (5), (9) – (16), (18), (19) выполняются по эквивалентным напряжениям, вычисляемым через составляющие общих и местных мембранных и изгибных напряжений с уче-

том их концентрации, получаемые из расчета с учетом ползучести.

6.9. Критерии и запасы кратковременной статической прочности.

6.9.1. Для всех зон стенки корпуса должны удовлетворяться критерии кратковременной статической прочности для двух групп эквивалентных напряжений

$$(\sigma)_j \leq \frac{\sigma_{0,2}^{\theta}}{n_T^{(j)}} \quad (j = 1, 2), \quad (33)$$

где $\sigma_{0,2}^{\theta}$ — предел текучести материала при расчетной температуре θ ;

$(\sigma)_j = 1$ — первая группа эквивалентных напряжений, вычисляемых через составляющие только общих мембранных напряжений (приложение С.1 к настоящему Порядку);

$(\sigma)_j = 2$ — вторая группа эквивалентных напряжений, вычисляемых через составляющие общих и местных мембранных и общих изгибных напряжений (приложение С.1 к настоящему Порядку);

$n_T^{(1)}, n_T^{(2)}$ — запасы кратковременной статической прочности для первой и второй групп эквивалентных напряжений.

В приложении С.1 к настоящему Порядку приведены дополнительные критерии кратковременной статической прочности.

6.9.2. Коэффициенты запаса $n_T^{(1)}$ и $n_T^{(2)}$ принимаются равными:

$$n_T^{(1)} = 1,5; \quad n_T^{(2)} = n_T^{(1)} / 1,3 = 1,15.$$

6.10. Критерии и запасы прочности при статическом нагружении в условиях ползучести.

6.10.1. При поверочном расчете на длительную прочность следует рассматривать все стационарные режимы, проходящие при температурах, превышающих указанные в п. 1.4.

6.10.2. Корпус, подлежащий проверке на длительную прочность, должен удовлетворять всем критериям кратковременной статической прочности согласно п. 6.9.

6.10.3. Группы эквивалентных напряжений $(\sigma)_j^c$ ($j = 1, 2$), вычисляемые через составляющие напряженно-деформированного состояния, полученные расчетом с учетом ползучести (без учета концентрации), должны удовлетворять следующим критериям

$$(\sigma)_j^c \leq \frac{\sigma_{\text{ДП}}^\theta}{n_{\text{ДП}}^{(j)}} \quad (j = 1, 2), \quad (34)$$

где $\sigma_{\text{ДП}}^\theta$ — предел длительной прочности материала при расчетной температуре θ за время наработки t часов;

$n_{\text{ДП}}^{(1)}$, $n_{\text{ДП}}^{(2)}$ — запасы длительной статической прочности для первой и второй групп эквивалентных напряжений ползучести.

6.10.4. Коэффициент запаса длительной прочности $n_{\text{Т}}^{(1)}$ первой группы эквивалентных напряжений ползучести $(\sigma)_1^c$, соответствующей только мембранным напряжениям, принимается равным:

$$n_{\text{ДП}}^{(1)} = 1,5.$$

Формулы для пересчета коэффициента запаса для второй группы эквивалентных напряжений, а также дополнительный критерий длительной прочности приведены в приложении С.1 к настоящему Порядку.

6.10.5. Для корпусов, работающих в условиях ползучести и циклического нагружения, кроме требований, предусмотренных в пп. 6.9 и 6.10, должны также соблюдаться запасы по суммарной накапливаемой поврежденности $[\Pi]$ согласно формуле (11).

В развернутом виде это условие выражается формулами (27) – (29).

6.10.6. Запас по поврежденности для корпусов n_{Π} принимается равным $n_{\Pi} = 5$, однако в конкретных случаях по усмотрению экспертной организации, выполняющей оценку индивидуального ресурса корпуса, запас по поврежденности корпусных деталей может быть уменьшен.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ЗАПАСА СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

1.1. В критериях статической и циклической прочности используется дифференциация эквивалентных напряжений $\sigma_э$ по группам, в соответствии с классификацией всех компонентов напряженного состояния корпусных деталей по категориям, позволяющей дифференцировать запасы прочности в зависимости от степени опасности каждой из категорий.

$(\sigma)_1$ — группа эквивалентных напряжений, определяемая по составляющей общих мембранных напряжений σ_{jm} ;

$(\sigma)_2$ — группа эквивалентных напряжений, определяемая по суммам составляющих общих (или местных) мембранных и общих изгибных напряжений;

$(\sigma)_R$ — максимальный размах эквивалентных напряжений, определяемых по сумме составляющих общих (или местных) мембранных, общих и местных изгибных, общих температурных напряжений и напряжений компенсации (общих и местных мембранных и изгибных).

Максимальный размах эквивалентных напряжений при поверочном расчете на статическую прочность определяется по максимальным $\sigma_{э \max}$ и минимальным $\sigma_{э \min}$ (в алгебраическом смысле) значениям номинальных эквивалентных напряжений для всего процесса возможного изменения напряжений (во всех рассматриваемых режимах) $(\sigma)_R = \sigma_{э \max} - \sigma_{э \min}$, где эквивалентные номинальные напряжения $\sigma_э$ вычисляются по формулам (1, 2 или 3) через значения всех составляющих компонентов напряженного состояния без учета их концентрации.

(σ_{aF}) — амплитуда эквивалентных напряжений, определяемых по суммам составляющих общих или местных мембранных, общих и местных изгибных, общих и местных температурных напряжений и общих и местных мембранных и

изгибных напряжений компенсации с учетом концентрации напряжений в корпусе, вызванной влиянием таких концентраторов, как отверстия, галтели, кольцевые пазы и выступы, штуцеры и т.п.

Амплитуда эквивалентных напряжений в цикле определяется по максимальным и минимальным (в алгебраическом смысле) значениям эквивалентных напряжений $(\sigma_{aF}) = (\sigma_{\varepsilon \max} - \sigma_{\varepsilon \min})/2$, которые вычисляются через значения всех составляющих компонентов напряженного состояния с учетом их концентрации.

1.2. Общие и местные мембранные, изгибные и температурные напряжения, используемые для вычисления трех первых групп эквивалентных напряжений $(\sigma)_1$, $(\sigma)_2$, $(\sigma)_R$, определяются без учета влияния концентраторов напряжений типа отверстий, угловых галтелей в кольцевых пазах и у кольцевых выступов, штуцеров. Концентрация напряжений в зоне таких концентраторов учитывается только при определении четвертой группы эквивалентных напряжений (σ_{aF}) , используемой при проверке выполнения критериев циклической (малоцикловой) прочности и оценке величины накапливаемой суммарной (статической и циклической) поврежденности. Третья группа эквивалентных напряжений $(\sigma)_R$ используется в качестве необязательного дополнительного критерия кратковременной статической и длительной прочности по усмотрению конструкторской (проектной) организации.

В случае выполнения расчета напряжений одним из численных методов (например, МКЭ) для удобства выделения трех первых групп эквивалентных напряжений $((\sigma)_1, (\sigma)_2, (\sigma)_R)$, которые рассматриваются как номинальные и должны вычисляться без учета концентрации в зонах отверстий, пазов, выступов, патрубков, составляются две расчетные модели корпуса: предварительная модель, в которой такие концентраторы исключены (отверстия и пазы "закрыты", выступы и патрубки "удалены"), и окончательная модель — с учетом концентраторов.

Допускаются и другие способы выделения указанных групп эквивалентных напряжений (номинальных напряжений).

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ЗАПАСА СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

2.1. Для зон стенки корпуса, где возникают циклические напряжения, содержащие дополнительно местные изгибные напряжения, общие температурные напряжения, а также общие или местные компенсационные напряжения дополнительно к критериям кратковременной статической прочности (33) проверяются критерии относительно размаха и максимальному по модулю значению эквивалентных напряжений $(\sigma)_R$, $|\sigma_{\varepsilon \max}|$, $|\sigma_{\varepsilon \min}|$

$$(\sigma)_R \leq \begin{cases} \left(2,5 - \frac{\sigma_{0,2}^{\theta}}{\sigma_b^{\theta}} \right) \cdot \sigma_{0,2}^{\theta} \\ 2\sigma_{0,2}^{\theta} \end{cases} \quad (1.1)$$

$$|\sigma_{\varepsilon \max}| \leq \sigma_b^{\theta} \text{ и } |\sigma_{\varepsilon \min}| \leq \sigma_b^{\theta}. \quad (1.2)$$

Выполнение критериев (1.1) и (1.2) не является обязательным в тех случаях, когда возможное при эксплуатации искажение формы конструкции, связанное с невыполнением этих критериев, не может повлиять на нормальную эксплуатацию рассчитываемого корпуса (например, не может возникнуть значительный остаточный прогиб корпуса или нарушение герметичности фланцевых соединений, заклинивание шпонок, препятствующее расширению и скольжению корпуса и т.п.).

2.2. При поверочном расчете на длительную прочность для зон, указанных в п. 1.2.1 кроме критериев (34), дополнительно проверяется критерий

$$(\sigma)_R \leq \frac{\sigma_{\text{ДП}}^{\theta}}{n_{\text{ДП}}^{(3)}}. \quad (1.3)$$

2.3. Коэффициенты запаса $n_{\text{ДП}}^{(2)}$, $n_{\text{ДП}}^{(3)}$ вычисляются по формулам

$$n_{\text{ДП}}^{(2)} = \frac{n_{\text{ДП}}^{(1)}}{K_t}; \quad (1.4)$$

$$n_{\Delta\Pi}^{(3)} = \frac{n_{\Delta\Pi}^{(1)}}{K_t}. \quad (1.5)$$

Если в рассматриваемом сечении местные мембранные напряжения отсутствуют, то

$$K_t = 1,25 - 0,25 \frac{(\sigma)_m^c}{[\sigma]_t^\theta}, \quad K_t' = 1,75 - 0,25 \frac{(\sigma)_m^c}{[\sigma]_t^\theta}. \quad (1.6)$$

Если в рассматриваемом сечении возникают местные мембранные напряжения, то

$$K_t = 1,25 - 0,25 \cdot \frac{(\sigma)_{mL}^c}{[\sigma]_t^\theta}, \quad K_t' = 1,75 - 0,25 \cdot \frac{(\sigma)_{mL}^c}{[\sigma]_t^\theta}. \quad (1.7)$$

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЪЕМУ
И ПЕРИОДИЧНОСТИ КОНТРОЛЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИН
ВЫСОКОГО И СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ С ТРЕЩИНАМИ**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Методические рекомендации устанавливают возможность эксплуатации высокотемпературных (температура пара на входе не ниже 450 °С) литых корпусных деталей паровых турбин с давлением пара > 9 МПа, в которых при контроле обнаружены трещины. Появление трещины на литом корпусе цилиндра или клапана паровой турбины (далее по тексту "литой детали") не обязательно исключает возможности дальнейшей эксплуатации, но требует установления периодического контроля за развитием трещины и состоянием металла.

1.2. Настоящие Методические рекомендации распространяются на литые детали из сталей 15Х1М1ФЛ, 20ХМФЛ и 20ХМЛ турбин АО "ЛМЗ", АО "Турбомоторный завод" и АО "Турбоатом", наработка которых составляет не менее 50 тыс. ч, но не превышает 300 тыс. ч, а трещины расположены в доступной для ремонта зоне.

2. ФИКСАЦИЯ РАЗМЕРА ТРЕЩИНЫ

2.1. При обнаружении дефекта, решение о методе ремонта — удаление или оставление — принимается на основании специального обследования для определения его протяженности и глубины, а также толщины стенки детали. При этом учитывается также зона расположения трещины.

2.2. Протяженность каждого дефекта устанавливается визуальным контролем и уточняется с помощью неразрушающих методов контроля (МПД, УЗК, цветная дефектоскопия, травление, токовихревой метод и т.д.). После этого осуществляется фиксирование размеров трещины с помощью сверления или кернения, служащих исходными отметками для последующего контроля, а так же являющихся препятствием для дальнейшего развития дефекта.

2.3. Фиксирование протяженности трещины на необработанных (литейных) поверхностях проводится засверловкой концов трещины сверлом диаметром 18 мм на глубину 10 мм; на обработанных поверхностях (фланцы, расточки, резьба) — сверлом диаметром 5 мм на ту же глубину или кернением.

2.4. Максимальная глубина трещины оценивается путем 3—5 сверлений диаметром 18 мм, равномерно расположенных по длине трещины и удаленных друг от друга не более чем на 100 мм, причем одно—два сверления должны быть посередине трещины и на участке ее максимального раскрытия. Сверление прекращается, как только визуальным путем в результате контроля с подсветкой при углублении сверла на каждые 3-4 мм устанавливается, что дно гнезда сверления очистилось от дефекта. Для облегчения обнаружения выхода сверления за пределы трещины применяется токовихревой метод контроля.

2.5. При расположении дефекта на обработанной поверхности, если не принято решение о его удалении, глубина трещины определяется с помощью экспериментально найденного соотношения $h_T = 0,25 l_T$, где l_T — длина трещины, а h_T — глубина, а также (для h_T менее 10 мм) с помощью неразрушающих физических методов контроля: УЗК, токовихревого и т.д.

2.6. Толщина стенки детали в зоне трещины определяется с помощью ультразвукового толщиномера, при этом в качестве эталона следует использовать фланцы и лапы этой же детали, толщина которых определяется штангенциркулем или другим мерительным инструментом. Допускается определять толщину стенки с помощью мерительных скоб и других механических приспособлений.

2.7. Размеры трещины заносят в протокол визуального обследования. В протоколе так же указывают срок проведения следующего контроля. Протокол подписывается специалистом, осуществляющим наблюдение за состоянием металла турбины и утверждается главным инженером ТЭС.

3. ВЫБОР СПОСОБА РЕМОНТА

3.1. Способ ремонта зависит от расположения трещины и результатов сравнения ее глубины и протяженности с размерами дефектов (таблица Т.1), а также выборки (таблица Т.2), оставляемых, согласно настоящих Методических рекомендаций, до очередного капитального ремонта. Эти размеры найдены расчетом на базе закономерностей механики разрушения и уточнены с учетом эксплуатационного опыта. Рекомендуемые ниже варианты ремонта предложены, исходя из повышенной роли термических напряжений при образовании трещин на внутренней поверхности, вследствие чего после начального быстрого развития обычно происходит остановка их роста. Напротив, появление трещин с наружной стороны в большей мере связано с ползучестью, и поэтому их удаление желательно, так как при этом удаляется и поврежденный ползучестью слой металла. Ниже даются типовые решения в зависимости от результатов такого анализа.

3.2. Подлежат обязательному удалению трещины, образовавшиеся на паровпускных патрубках, патрубках отбора (паровыпускных), у дренажных отверстий, а также в примыкающей к ним зоне шириной 50 мм.

3.3. Возможность оставления трещины на поверхности фланцевого разъема решает экспертная организация.

3.4. Трещина на внутренней поверхности, не подпадающая под действие пп. 3.2 и 3.3:

- оставляется без выборки, если размеры меньше допустимых;
- удаляется, а выборка оставляется без подварки, если размеры не превосходят допустимых;
- удаляется, а выборка подваривается, если размеры образовавшейся выборки превосходят допустимые.

3.5. Трещина на наружной поверхности, не подпадающая под действие пп. 3.2 и 3.3:

- оставляется без выборки в зонах детали с рабочей температурой ниже 400 °С и размерами меньше допустимых; удаляется, если размеры больше допустимых, выборка при размерах больше допустимых — подваривается;

— удаляется полностью в зонах детали с рабочей температурой выше 400 °С, выборка при размерах больше допустимых — подваривается.

3.6. Нормы на допустимые дефекты и выборки, указанные в таблицах Т.1 и Т.2 действуют, если межремонтный срок не превышает 5 лет, а число пусков за этот период не более 100. На детали могут быть оставлены несколько единичных дефектов указанного в таблице Т.1 размера при условии, что расстояние между их ближайшими точками не меньше 200 мм. Вопрос оставления трещин и выборок, если в одной и той же зоне дефекты располагаются одновременно с внутренней и наружной стороны детали, решает экспертная организация. В случае ремонта в зоне, где дефекты обнаруживались ранее, при определении допустимых размеров трещин и выборок за основу принимается номинальная толщина стенки детали (по чертежу).

3.7. В случае оставления трещины контроль за ее глубиной производится при каждом очередном обследовании. В тех случаях, когда размер трещин или выборок превосходит указанный в таблицах Т.1 и Т.2 или их расположение не соответствует рекомендациям раздела 3, срок эксплуатации до очередного контроля (допустимое время работы) экспертная организация определяет расчетным путем.

Таблица Т.1 – Глубина и длина единичных эксплуатационных трещин, оставляемых без выборки на поверхности литых корпусных деталей турбин

Завод-изготовитель	Давление острого пара	Мощность, МВт	Размеры допустимых дефектов (глубина, длина – в долях от толщины стенки) на деталях	
			Клапаны	Цилиндры
АО «ТМЗ»	9-11	≤ 50	0,1×0,7	0,15×1
	13	50-100	0,1×0,7	0,15×1
	24	250	Не допускаются	0,15×1
АО «ЛМЗ»	9-11	≤ 100	0,1×0,7	0,15×1
	13-24	50-300	0,1×0,7	0,15×1
	24	500-1200	Не допускаются	0,15×1
АО ТУРБОАТОМ»	9-11	≤ 50	0,1×0,7	0,15×1
	13	160	0,1×0,7	0,15×1
	24	300	0,1×0,7	0,15×1
	24	500	Не допускаются	Не допускаются

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА ОЧЕРЕДНОГО КОНТРОЛЯ

4.1. Допустимое время работы оценивается по фактической средней скорости роста трещины за межремонтную кампанию, предшествующую обнаружению трещины, и эффективной толщине стенки. Такая оценка возможна при отсутствии микроповреждений металла порами ползучести более 3 балла по действующей нормативной документации. Для этого запас по длительной прочности в рассматриваемый период наработки должен быть не менее 1,3.

4.2. Допустимое время работы корпуса до следующего обследования оценивается с помощью выражения

$$\tau_p = (A/h_{ст}) \cdot (\ln V_{срм} - \ln V_{срт}), \quad (1)$$

где $h_{ст}$ — толщина стенки детали в направлении хода трещины от внутренней поверхности до ближайшей критической точки, мм;

$V_{срт}$ — условная средняя скорость роста трещины за межремонтный период, предшествующий обнаружению трещины;

$V_{срм}$ — максимальная скорость при предельно допустимой глубине трещины;

A — постоянная, зависящая от типа детали, состояния металла и режима эксплуатации, определяется статистической обработкой результатов контроля данной корпусной детали за весь срок эксплуатации.

4.3. Условная средняя скорость роста трещины за межремонтный период, предшествующий обнаружению трещины находится из соотношения

$$V_{срт} = (h_t - h_0)/\tau_{мрк}, \quad (2)$$

где $\tau_{мрк}$ — продолжительность межремонтной кампании;

h_t — наибольшая глубина трещины, устанавливается по глубине выборки или сверлением;

h_0 — условная глубина начального дефекта, определяется из соотношения: $h_0 = 0,1 h_{ст}$.

4.4. Средняя скорость роста трещины по мере ее углубления в деталях различных типов представляется линейной зависимостью

$$V_{\text{срт}} = A \cdot (h_{\text{т}}/h_{\text{ст}}) + B, \quad (3)$$

где A и B — постоянные, зависящие от типа детали, состояния металла и режима эксплуатации, определяются статистической обработкой результатов контроля данной корпусной детали за весь срок эксплуатации.

4.5. Максимальная скорость при предельно допустимой глубине трещины $V_{\text{срм}}$ определяется по зависимости (3) с учетом предельно допустимой глубины трещины. Для корпусов цилиндров максимальная глубина трещины, для которой ведется расчет, принимается: $h_{\text{тм}} = h_{\text{ст}}$, для корпусов клапанов: $h_{\text{тм}} = 0,75 \cdot h_{\text{ст}}$. С учетом этого средняя максимальная скорость $V_{\text{срм}'}$ возможная при предельно допустимом развитии трещины составит соответственно:

для корпуса цилиндра

$$V_{\text{срм}} = A + B, \quad (4)$$

для корпуса клапана

$$V_{\text{срм}} = 0,75 A + B. \quad (5)$$

4.6. За допустимое время работы принимается минимальное значение, полученное с помощью выражения (1) по результатам двух последних обследований корпусной детали. Если рассчитанный межремонтный срок окажется меньше принятого для данной турбины (4–6 лет), то решение о межремонтном сроке принимается с учетом оценки технического состояния литого металла на вырезанных образцах в соответствии с критериями надежности литого металла деталей после 100 тыс. ч работы (см. раздел 6 настоящей Инструкции). Эскизы на вырезку образцов предоставляет экспертная организация или завод-изготовитель турбины.

Таблица Т.2 – Глубина выборок, оставляемых без заварки на литых корпусных деталях паровых турбин

Завод-изготовитель	Давление острого пара, МПа	Мощность, МВт	Допустимая глубина выборок (в долях от толщины стенки) на деталях, в том числе в зоне патрубков (знаменатель)	
			Клапаны	Цилиндры
АО «ТМЗ»	9-11	≤ 50	0,25/0,15	0,3/0,15
	13	50-100	0,25/0,15	0,3/0,15
	24	250	0,2/0,10	0,3/0,15
АО «ЛМЗ»	9-11	≤ 100	0,25/0,15	0,3/0,15
	13-24	50-300	0,25/0,15	0,3/0,15
	24	500-1200	0,2/0,10	0,25/0,10
АО «ТУРБОАТОМ»	≤ 9	≤ 50	0,25/0,15	0,3/0,15
	13	160	0,25/0,15	0,3/0,15
	24	300	0,25/0,15	0,3/0,15
	24	500	0,25/0,15	0,3/0,15

5. НАБЛЮДЕНИЕ ЗА РОСТОМ ТРЕЩИН

5.1. Периодический контроль осуществляют после допустимой наработки, рассчитанной в соответствии с рекомендациями в разделе 4 настоящей Инструкции.

5.2. Контроль осуществляется на остановленной турбине в соответствии с нормативными документами.

5.3. При вскрытии корпуса положение фронта трещины устанавливают визуальным контролем, а также с помощью методов, указанных в разделе 2 настоящей Инструкции.

5.4. При обнаружении увеличения длины трещины более чем на 30 мм на необработанной поверхности или более чем на 10 мм на поверхности фланцевого разъема, экспертная организация проводит оценку остаточного ресурса согласно раздела 4 настоящей Инструкции. При этом за глубину трещины следует принимать разность между новой глубиной выборки или сверления h''_T и первоначальной глубиной трещины h'_T . Поэтому вместо (2) принимается

$$V_{\text{срт}} = \frac{(h''_{\text{T}} - h'_{\text{T}})}{\tau_{\text{мрк}}}. \quad (6)$$

5.5. Критерием прекращения эксплуатации является следующее сочетание: скорость роста трещины при последнем наблюдении — более 10^{-3} мм/ч, свойства металла не удовлетворяют требованиям критериев надежности после 100 тыс. ч работы. Затем проводится ремонт корпуса по более полной программе.

Содержание

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ	5
2.1. Цельнокованные роторы высокого и среднего давления	5
2.2. Литые корпусные детали	8
3. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТАЛИ	10
3.1. Цельнокованные роторы высокого и среднего давления	10
3.2. Литые корпусные детали	10
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РОТОРОВ И КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИН	12
4.1. Общие положения	12
4.2. Цельнокованные роторы	12
4.3. Корпусные детали	14
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И РЕЖИМНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ РОТОРОВ И КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИН ...	15
5.1. Общие положения	15
5.2. Изменение режима эксплуатации турбины	15
5.3. Изменения конструкции турбины	17
5.4. Ремонт поврежденных элементов	20
5.5. Изменение тепловой схемы турбины	23
5.6. Рекомендации по дополнительному эксплуатационному контролю поврежденных или исчерпавших свой расчетный ресурс корпусных деталей турбин	24

6. КРИТЕРИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ	
МЕТАЛЛА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТУРБИН	25
6.1. Цельнокованные роторы	25
6.2. Корпусные детали	27
Приложение А ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	29
Приложение Б ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ	
ВИЗУАЛЬНОГО ОСМОТРА ПОВЕРХНОСТИ	
ОСЕВОГО КАНАЛА	31
Приложение В ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ	
МАГНИТОПОРОШКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ	
И ПОВЕРХНОСТИ ОСЕВОГО КАНАЛА РОТОРА	33
Приложение Г МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	
ПО ВИХРЕТОКОВОМУ КОНТРОЛЮ ПОВЕРХНОСТИ	
ОСЕВОГО КАНАЛА ЦЕЛЬНОКОВАННОГО РОТОРА	47
Приложение Д МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	
ПО УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛЮ ЦЕЛЬНОКОВАННЫХ	
РОТОРОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН СО СТОРОНЫ	
ОСЕВОГО КАНАЛА	51
Приложение Д.1 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО	
ОБРАЗЦА	70
Приложение Д.2 ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТА	
ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ИММЕРСИОННОГО	
МЕТОДА КОНТРОЛЯ	70
Приложение Д.3 ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ЗАГЛУШКИ	
ТОРЦОВ	71
Приложение Д.4 ИЗГОТОВЛЕНИЕ И СБОРКА	
ОРИЕНТИРУЮЩЕГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	72
Приложение Д.5 ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАКЛОННЫХ	
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВВОДА УЛЬТРАЗВУКА	
В АЗИМУТАЛЬНУЮ И ОСЕВУЮ ПЛОСКОСТИ РОТОРА	75

Приложение Д.6 СБОРКА ОРИЕНТИРУЮЩЕГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ	79
Приложение Д.7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТОВ	80
Приложение Д.8 ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ	84
Приложение Е МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ОСТАТОЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛЗУЧЕСТИ РОТОРА СО СТОРОНЫ ОСЕВОГО КАНАЛА	85
Приложение Ж ПОРЯДОК ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ОСЕВОГО КАНАЛА РОТОРА	89
Приложение И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛЮ Т-ОБРАЗНЫХ ЛОПАТОЧНЫХ ПАЗОВ ОБОДОВ ДИСКОВ БЕЗ РАЗЛОПАЧИВАНИЯ	91
Приложение К МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛЮ ЦЕЛЬНОКОВАННЫХ РОТОРОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН НА НАЛИЧИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ТРЕЩИН НА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	93
Приложение Л МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВИХРЕТОКОВОМУ КОНТРОЛЮ ТЕПЛОВЫХ КАНАВОК И РАДИУСНЫХ ПЕРЕХОДОВ НА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РОТОРОВ	102
Приложение М ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КОРПУСОВ ТУРБИН В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	106
Приложение Н ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИНЫ ТРЕЩИН В КОРПУСАХ ТУРБИН	124
Приложение П ПОРЯДОК ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛА РОТОРОВ	129

Приложение Р ПОРЯДОК ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МЕТАЛЛА ЛИТЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИН	131
Приложение С ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО РЕСУРСА И ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ РОТОРОВ И КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИН	133
Приложение С.1 КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ЗАПАСА СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ	155
Приложение Т МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЪЕМУ И ПЕРИОДИЧНОСТИ КОНТРОЛЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБИН ВЫСОКОГО И СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ С ТРЕЩИНАМИ	159

Подписано к печати 15.06.2004

Печать ризография

Заказ № **590**

Усл.печ.л. 10,2 Уч.-изд. л. 10,4

Издат. № 03-80

Тираж 200 экз.

ЦПТИ ОРГРЭС
107023, Москва, Семеновский пер., д. 15

**Центр производственно-технической информации
филиала ОАО "Инженерный центр ЕЭС" – "Фирма ОРГРЭС"
издал новые официальные нормативные документы:**

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭ) утверждены Министерством энергетики Российской Федерации (Приказ № 229 от 19.06.2003 г.) и зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации, регистрационный № 4799 от 20.06.2003 г. (издание официальное);

Инструкцию по организации и объему химического контроля водно-химического режима на тепловых электростанциях (Приказ Минэнерго России № 276 от 30.06.2003 г.);

Инструкцию по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем (Приказ Минэнерго России № 289 от 30.06.2003 г.) с Изменениями № 1;

Инструкцию по продлению срока службы паропроводов из центробежнолитых труб на тепловых электростанциях (Приказ Минэнерго России № 250 от 24.06.2003 г.);

Инструкцию по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением (Приказ Минэнерго России № 253 от 24.06.2003 г.);

Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю "потери сетевой воды" (Приказ Минэнерго России № 278 от 30.06.2003 г.);

Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю "тепловые потери" (Приказ Минэнерго России № 278 от 30.06.2003 г.);

Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю "удельный расход сетевой воды" (Приказ Минэнерго России № 278 от 30.06.2003 г.);

Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии по показателям "разность температур сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах" и "удельный расход электроэнергии" (Приказ Минэнерго России № 278 от 30.06.2003 г.).

Заказать и приобрести литературу можно в ЦПТИ филиала ОАО "Инженерный центр ЕЭС" – "Фирма ОРГРЭС":

почтовый адрес: 107023, Москва, Семеновский пер., д. 15;

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОЧТА: SPO@ORGRES-F.RU;
АДРЕС В ИНТЕРНЕТЕ: WWW.ORGRES-F.RU;
ТЕЛЕФОН: (095) 360-62-68.