

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ  
(ОСЖД)**

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 30-31 мая 2017 г.,  
Комитет ОСЖД (Республика Польша, г. Варшава)

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 24-26 октября 2017 г.,  
Комитет ОСЖД (Республика Польша, г. Варшава)

Дата вступления в силу: 26 октября 2017 г.

**P 526**

**РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТОВ  
НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЛОКОМОТИВОВ  
НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ  
ПО КРИТЕРИЯМ УСТАЛОСТИ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения .....	3
2. Нормативные ссылки .....	3
3. Область применения.....	3
4. Термины и определения .....	3
5. Общие требования .....	4
6. Учёт основных нагрузок при расчёте .....	4
7. Рекомендации к выполнению расчётов на прочность .....	6
8. Рекомендации к выполнению расчётов долговечности (ресурса) несущих конструкций локомотивов.....	8
9. Требования к материалам несущих конструкций .....	7

## **Общие положения**

Настоящая Памятка имеет характер рекомендации в целях унификации показателей и технических требований к конструкции локомотивов, повышения их безопасности и надёжности.

В Памятке не устанавливаются какие-либо определенные методы расчёта, чтобы не ограничивать разработчика и заказчика в применении современных методов расчётов и экспериментов.

## **2. Нормативные ссылки**

В настоящей Памятке использованы ссылки на следующий нормативный документ:

ЕН 12663:2000 «Рельсовый транспорт. Требования к прочности кузовов железнодорожного подвижного состава» (EN 12663:2000 «Railway applications - Structural requirements of railway vehicle bodies»).

## **3. Область применения**

Настоящая Памятка устанавливает общие требования к оценке прочности при разработке и постановке на производство несущих конструкций экипажных частей локомотивов – главных рам и кузовов.

## **4. Термины и определения**

4.1. Главная рама, кузов: совокупность узлов, которые размещены на тележках или колесных парах, воспринимающих основные нагрузки, действующие на единицу подвижного состава в эксплуатации.

Примечания:

- кузов учитывается при оценке прочности в том случае, если он включен в систему восприятия внешних нагрузок;

- к главной раме или кузову относятся также закрепленные на них узлы, непосредственно обеспечивающие их прочность и жёсткость. Установленное механическое или иное оборудование не считается неотъемлемой частью главной рамы или кузова, в отличие от элементов, к которым они крепятся.

4.2. Квазистатические нагрузки – нагрузки, изменение которых во времени не приводит к каким-то серьезным последствиям (например, существенным прогибам конструкции, резонансным колебаниям и т. д.), величину нагрузки можно принять постоянной, расчёт осуществлять с позиций статики.

## **5. Общие требования**

Главные рамы и кузова при проектировании должны быть рассчитаны на прочность и жёсткость таким образом, чтобы в пределах нормируемых нагрузок выполнялись следующие требования:

- в элементах конструкции не должны возникать разрушения в течение всего срока службы;
- частоты собственных колебаний элементов не должны совпадать с основными частотами колебаний всего экипажа на рессорном подвешивании или приближаться к ним;
- в элементах конструкции не должны возникать остаточные деформации в течение всего срока службы.

## **6. Учёт основных нагрузок при расчёте**

### **6.1. Общие требования**

6.1.1. Номинальные статические и динамические нагрузки для отдельных категорий подвижного состава являются минимальными. По требованию заказчика нагрузки допускается увеличивать. В отдельных случаях нагрузки могут быть уменьшены по согласованию между разработчиком и заказчиком при наличии соответствующего обоснования.

6.1.2. Оценку прочности по продольным нагрузкам, аварийным нагрузкам на элементы кабины машиниста, вертикальным статическим нагрузкам, экстремальным нагрузкам проводят по запасам прочности по отношению к пределу текучести, по динамическим и квазистатическим нагрузкам – по запасам прочности по отношению к пределу выносливости. Оценку проводят при наиболее неблагоприятных комбинациях нагрузок. Величины допускаемых запасов прочности принимают в соответствии с национальными нормативными документами.

### **6.2. Продольные нагрузки**

6.2.1. Локомотивы колеи 1435 мм, предназначенные для выхода на колею 1520 мм должны быть рассчитаны для восприятия продольных сил, приложенных по осям автосцепок. Номинальные значения продольных сил, приложенных по осям автосцепок, приведены в таблице 1.

Продольная сила, МН Значение показателя для локомотива

Наименование показателя	магистральные грузовые	магистральные пассажирские	маневровые и вывозные	промышленные	Примечание
Продольная сила, МН	±2,5	±2,0	±2,5	±2,0	

Примечание: Знак "+" соответствует растяжению, "-" – сжатию.

6.2.2. Локомотивы колеи 1520 мм, предназначенные для эксплуатации на международных линиях (с выходом на колею 1435 мм), дополнительно рассчитывают на силы взаимодействия с подвижным составом, буферами. Величины нагрузок принимают в соответствии с Памяткой ОСЖД О+Р 520 «Железнодорожный подвижной состав. Технические требования, предъявляемые к подвижному составу для международного сообщения между железными дорогами колеи 1435 мм и 1520 мм стран – членов ОСЖД. Вагоны пассажирские» для расчета и проектирования вагонов.

### 6.3. Аварийные нагрузки на элементы кабины машиниста

С целью обеспечения пассивной безопасности локомотивной бригады при аварийном столкновении локомотива с препятствием кабины машинистов должны рассчитываться на восприятие продольных сил сжатия, приложенных к подоконному поясу кабины машиниста.

Примечание: исключение – локомотивы с кузовом капотного типа.

### 6.4. Вертикальные статические нагрузки

Вертикальные статические нагрузки включают в себя:

- собственную массу главной рамы или кузова;
- массу установленного оборудования и полный запас топлива, смазки, песка и других эксплуатационных материалов.

### 6.5. Экстремальные нагрузки

Экстремальные нагрузки возникают при выкатке колесной пары (у бестележечных экипажей), подъеме главной рамы или кузова на домкратах, аварийном подъеме главной рамы или кузова с тележками за лобовой брус или автосцепку, подъеме единицы подвижного состава краном при погрузке.

## 6.6. Динамические и квазистатические нагрузки

Динамические и квазистатические нагрузки, возникающие при движении единицы подвижного состава, включают в себя:

- вертикальные динамические нагрузки, возникающие при движении единицы подвижного состава по железнодорожному пути отличного или хорошего состояния с конструкционной скоростью;
- горизонтальные динамические и квазистатические нагрузки, возникающие при движении в прямых и кривых участках пути;
- продольные нагрузки, возникающие от продольной динамики поезда, сил тяги и торможения, в том числе в поездах повышенной массы и длины.

## 7. Рекомендации к выполнению расчётов на прочность

7.1. Кузова и главные рамы оценивают, как по допускаемым напряжениям, так и по сопротивлению усталости.

7.2. Оценку прочности по допускаемым напряжениям проводят расчетным путем для случаев наиболее невыгодного возможного сочетания одновременно действующих нормативных нагрузок.

7.3. Оценку прочности несущих конструкций локомотива по накоплению усталостных повреждений, в том числе в сварных соединениях, выполняют с учётом коэффициента запаса сопротивления усталости  $n$ :

$$n \geq n_{min}$$

где  $n_{min}$  – минимально допустимая величина коэффициента запаса сопротивления усталости. Величина  $n_{min}$  определяется в национальных нормативах.

7.4. Узлы передачи силы от сцепных устройств, шкворни и другие элементы связи кузова (главной рамы) с тележками, а также концевые части рамы кузова, в которых могут возникать упругопластические деформации под воздействием эксплуатационных нагрузок при числе циклов нагружения до  $10^5$ , рекомендуется рассчитывать на малоцикловую усталость. Оценку прочности при этом следует проводить как по критериям малоциклового нагружения, так и по критерию накопления усталостных повреждений.

7.5. Расчет на прочность при малоцикловом нагружении выполняют для тех зон конструкций, где могут возникать локальные упругопластические деформации, циклическое изменение которых приводит к разрушению квазистатического, либо

усталостного типа.

7.6. Расчет на прочность при малоцикловом нагружении элементов конструкций для заданных условий эксплуатации (число циклов, асимметрия цикла и т.д.) проводят по деформационно-кинетическим критериям малоциклового прочностного, основанных на суммировании усталостных и квазистатических повреждений.

Рекомендуется определить и проанализировать следующие показатели:

- коэффициент безопасности по напряжениям для заданного режима нагружения:

$$n_{\sigma} = \sigma_a^* / \sigma_a^{*3},$$

где  $\sigma_a^*$  – разрушающая амплитуда местных напряжений, устанавливаемая для эксплуатационного числа циклов  $N_3 \leq 10^5$ ;

$\sigma_a^{*3}$  – амплитуда местных напряжений в наиболее нагруженной при эксплуатации зоне рассчитываемого на прочность элемента конструкции;

- коэффициент безопасности по долговечности:

$$n_N = N / N_3,$$

где  $N$  – разрушающее число циклов для эксплуатационных уровней напряжений ( $\sigma_a^* = \sigma_a^{*3}$ );

$N_3$  – эксплуатационное число циклов нагружения за расчетный срок службы, определяемое по результатам обработки схематизированных случайных процессов, зарегистрированных при динамико-прочностных испытаниях опытного образца локомотива или локомотива, имеющего аналогичную экипажную часть.

$$n_{\sigma} \geq n_{\sigma min}; n_N \geq n_{N min}$$

Значения  $n_{\sigma min}$ ,  $n_{N min}$  определяются в национальных нормативах.

## 8. Рекомендации к выполнению расчетов долговечности (ресурса) несущих конструкций локомотивов

8.1. Необходимыми исходными данными для расчета долговечности являются:

- результаты исследования напряженно-деформированного состояния элемента конструкции, полученные расчетным либо экспериментальным путем;

- нагрузки (например, в течение одного года работы, одного км пробега), полученные по результатам математического моделирования либо по результатам динамико-прочностных испытаний опытного образца локомотива;

- параметры кривой усталости (предел выносливости, точка перелома  $N_G$  и показатели степени наклона прямых, аппроксимирующих кривую усталости  $m_1$  и  $m_2$ ).

8.2. Вероятность разрушения  $p$  в течение назначенного срока службы рекомендуется принимать для расчёта не более  $10^{-4}$ .

8.3. Для оценки долговечности рекомендуется задать вероятность разрушения детали  $p = 0,0001$  (0,01 %), определить суммарное число циклов нагружения  $N_{сум}$ , соответствующее заданной вероятности разрушения.

## **9. Требования к материалам несущих конструкций**

9.1. Прочностные характеристики материалов должны соответствовать минимальным значениям пределов текучести и прочности, указанным в соответствующих нормативных документах. При отсутствии таких данных необходимо проведение испытаний по их определению.

9.2. Пределы выносливости для сталей должны быть, как правило, определены для значений переменной нагрузки от  $5 \cdot 10^6$  до  $10 \cdot 10^6$  циклов. Для расчетов на долговечность необходимо иметь данные не только по пределу выносливости, но и по углу наклона левой части кривой усталости. При отсутствии таких данных необходимо проведение испытаний по их определению.