

Расчет ресурса и сменяемости бандажей колесных пар.

Для расчета ресурса бандажей колесных пар локомотивов за основу взята зависимость износа гребней колесных пар (как основная причина обточек и снижения ресурса) от влияния воздействия тормозной колодки и непосредственно рельса в кривых, т.к. наибольшее количество всех обточек бандажей локомотивных колес приходится на причину «тонкий гребень». Естественный износ (подрез) гребня — это результат совокупного действия двух основных факторов:

- воздействия тормозных колодок (доля от общего износа порядка 30% в среднем по сети).

- проскальзывание колес при взаимодействии с рельсом в кривых (доля от общего износа порядка 60% в среднем по сети).

Пользуясь статистическими данными по количеству торможений в среднем по сети, можно установить усредненный износ гребня от выполненных торможений на уровне **0,013 мм** на 1000 км (**поезд массой 6300, уклоны до 0,010, среднесетевое количество кривых**). Для базового варианта (**15% кривых**), износ гребня на 1000 км составляет **0,025 мм**.

Необходимые исходные данные:

Масса состава, т

Количество кривых полигона менее 650м в %

Максимальный уклон полигона в ‰

Фактический пробег КП от смены бандажей или постройки

Обточки бандажей в %:

- по износу гребня
- по разности диаметров
- по ползунам
- по прокату
- по выщерблинам
- прочие

Принятые среднесетевые значения	
Наименование	Величина
Износ гребня от торможений ,мм/1000 км	0,013
Износ гребня о рельс ,мм/1000 км	0,025
суммарно, мм/1000 км	0,038
Нормативные параметры:	
Максимальная толщина гребня, мм	33
Минимальная толщина гребня, мм	25
Разница по толщине гребня, мм	8
Количество обточек бандажа, шт.	4

1. Этап I. Расчет ресурса гребня между обточками и количества обточек по причине износа гребня.

1.1. Расчет суммарного износа гребня $\varepsilon_{\text{гр(сумм)}}$, мм

$$\varepsilon_{\text{гр(сумм)}} = \varepsilon_{\text{гр(тор)}} \Delta_{\text{уклон}} + \varepsilon_{\text{гр(рельс)}} \Delta_{\text{кривой}}$$

где $\varepsilon_{\text{гр(тор)}}$ - износ гребня от воздействия тормозной колодки на 10^3 км. пробега;

$\varepsilon_{\text{гр(рельс)}}$ - износ гребня от воздействия рельса в кривых на 10^3 км;

$\Delta_{\text{кривой}}$ - производная кривой от среднего 15%

$$\Delta_{\text{кривой}} = \frac{\mu_{\text{факт}}}{15};$$

$\Delta_{\text{уклон}}$ - производная уклона от среднего 0,010 ‰

$$\Delta_{\text{уклон}} = \frac{\alpha_{\text{факт}}}{0,010};$$

где $\mu_{\text{факт}}$ - фактический процент кривых полигона;

$\alpha_{\text{факт}}$ - фактический уклон в ‰.

1.2. Оценка влияния конструктива на износ гребня бандажа колесной пары.

1.2.1. Расчет износа гребня от воздействия рельса в кривых $\varepsilon_{\text{гр(рельс)*}}$ с учетом изменения профиля бандажа (с ГОСТ на ДМЕТИ), применения упрочнения и использования АГС-8, на 10^3 км

$$\varepsilon_{\text{гр(рельс)*}} = \varepsilon_{\text{гр(рельс)}} - \varepsilon_{\text{проф}} - \varepsilon_{\text{упроч}} - \varepsilon_{\text{АГС}}$$

где $\varepsilon_{\text{проф}}$ - износ гребня в зависимости от изменения профиля обточки бандажа колесной пары и рассчитывается по формуле исходя из данных полученных опытным путем, по формуле:

$$\varepsilon_{\text{проф}} = \varepsilon_{\text{ГОСТ}} - \varepsilon_{\text{ДМЕТИ}}$$

$\varepsilon_{\text{упроч}}$ - износ гребня в зависимости от применения упрочнения поверхности гребня;

$\varepsilon_{\text{АГС}}$ - износ гребня в зависимости от использования системы АГС-8.

При этом исходя из расчетов сделанных на основе статистических данных $\varepsilon_{\text{упроч}}$ и $\varepsilon_{\text{АГС}}$ равно 0,00235 и 0,002375 мм на 10^3 км пробега.

1.2.2. Расчет износа гребня от воздействия рельса в кривых $\varepsilon_{\text{гр(рельс)}}$ с учетом применения в конструкции тележки одноповодковой буксы**

$$\varepsilon_{\text{гр(рельс)**}} = \varepsilon_{\text{гр(рельс)}} - (\varepsilon_{\text{гр(рельс)}} \Delta_{\text{букса}})$$

где $\Delta_{\text{букса}}$ постоянная величина, равная 0,15 принятая по результатам испытаний на воздействие на путь.

1.2.3. Расчет износа гребня от воздействия рельса в кривых $\varepsilon_{\text{гр(рельс)*}}$ с учетом применяя системы рубрикации АГС-10.**

$$\varepsilon_{\text{гр(рельс)***}} = \varepsilon_{\text{гр(рельс)}} - (\varepsilon_{\text{гр(рельс)}} \Delta_{\text{АГС-10}})$$

где $\Delta_{\text{АГС-10}}$ постоянная величина, равная 0,30.

1.2.4. Расчет износа гребня от воздействия рельса в кривых $\varepsilon_{\text{гр(рельс)**}}$ с учетом влияния базы тележки и нагрузки на ось колесной пары.**

$$\varepsilon_{\text{гр(рельс)****}} = \varepsilon_{\text{гр(рельс)}} - (\varepsilon_{\text{гр(рельс)}} \Delta_{\text{базы}} + \varepsilon_{\text{гр(рельс)}} \Delta_{\text{оси}})$$

$$\Delta_{\text{базы}} = \frac{l_{\text{баз}} - l_{\text{проект}}}{l_{\text{баз}}}, \Delta_{\text{оси}} = \frac{q_{\text{баз}} - q_{\text{проект}}}{q_{\text{баз}}}$$

где $l_{\text{баз}}$ - базовая база тележки, мм;

$l_{\text{проект}}$ - проектная база тележки, мм;

$q_{\text{баз}}$ - нагрузка на ось базовой тележки, тонн/ось;

$q_{\text{проект}}$ - нагрузка на ось проектной тележки, тонн/ось.

1.2.5. Расчет износа гребня от воздействия рельса в кривых $\epsilon_{\text{гр(рельс)}}^{****}$ с учетом влияния противополоворотного момента тележки и момента инерции.

$$\epsilon_{\text{гр(рельс)}}^{****} = \epsilon_{\text{гр(рельс)}} - (\epsilon_{\text{гр(рельс)}} \Delta_{\text{ПМ}} + \epsilon_{\text{гр(рельс)}} \Delta_{\text{МИ}})$$

$$\Delta_{\text{ПМ}} \frac{M_{\text{баз}} - M_{\text{проект}}}{M_{\text{баз}}}, \Delta_{\text{МИ}} \frac{I_{\text{баз}} - I_{\text{проект}}}{I_{\text{баз}}}$$

где $M_{\text{баз}}$ - противополоворотный момент базовой тележки, Нм;

$M_{\text{проект}}$ - противополоворотный момент проектной тележки, Нм;

$I_{\text{баз}}$ - момент инерции базовой тележки, кг/м²;

$I_{\text{проект}}$ - момент инерции проектной тележки, кг/м².

Примечание: Расчетные величины $\epsilon_{\text{гр(рельс)}}^*$, $\epsilon_{\text{гр(рельс)}}^{**}$, $\epsilon_{\text{гр(рельс)}}^{***}$, $\epsilon_{\text{гр(рельс)}}^{****}$ используются для оценки влияния того или иного конструктива на износ гребня бандажа колесной пары. При расчете для базовой тележки (ТЭ10в/и, ТЭ116в/и, ТЭ25Кв/и) равны $\epsilon_{\text{гр(рельс)}}$.

1.3. Расчет ресурса гребня $S_{\text{гр}}$ до обточки, тыс. км.

$$S_{\text{гр}} = \frac{\Delta L_{\text{гр}}}{\epsilon_{\text{гр(сумм)}}}$$

Ввиду расчета износа гребня на средний вес поезда в 6300 т и влияния массы на длину тормозного пути, введем поправочный коэффициент $\Delta_{\text{масса}}$, что будет являться производной от массы поезда в 6300 т.

$$\Delta_{\text{масса}} = \frac{m_{\text{факт}}}{6300}$$

где $m_{\text{факт}}$ - фактическая масса состава.

Соответственно формула примет вид:

$$S_{\text{гр}} = \frac{\Delta L_{\text{гр}}}{\Delta_{\text{масса}} \epsilon_{\text{гр(сумм)}}}$$

где $\Delta L_{\text{гр}}$ - разница между максимальной и минимальной толщиной гребня (33 мм – 25мм) и составляет **8мм**.

1.3. Расчет количества обточек $N_{\text{гр}}$ по причине износа гребня на 10⁴ км.

$$N_{\text{гр}} = \frac{10}{S_{\text{гр}}}$$

2. Этап II. Расчет количества обточек бандажей колесных пар $N_{\text{КП общ}}$ и ресурса бандажей $S_{\text{КП общ}}$ на жизненном цикле локомотива.

2.1 Расчет количества обточек бандажей колесных пар $N_{\text{КП}}$, на 10^4 км .

$$N_{\text{КП}} = \Delta_{\%} n_{\text{гр}} + \Delta_{\%} n_{\text{проч}} + \Delta_{\%} n_{\emptyset} + \Delta_{\%} n_{\text{выщ}} + \Delta_{\%} n_{\text{полз}} + \Delta_{\%} n_{\text{прок}}$$

где $\Delta_{\%}$ - 1% от общего количества обточек бандажей колесных пар, определенного путем сбора статистических данных, и вычитывается по формуле:

$$\Delta_{\%} = \frac{N_{\text{гр}}}{n_{\text{гр}}}, \text{ где}$$

$n_{\text{гр}}$ - количество обточек по причине износа гребня, % от общего количества обточек;

$n_{\text{проч}}$ - количество обточек по прочим причинам, % от общего количества обточек;

n_{\emptyset} - количество обточек по разнице диаметров бандажей, % от общего количества обточек;

$n_{\text{выщ}}$ - количество обточек по выщербинам, % от общего количества обточек;

$n_{\text{полз}}$ - количество обточек по ползунам, % от общего количества обточек;

$n_{\text{прок}}$ - количество обточек по прокату, % от общего количества обточек.

Общее количество обточек, определяется исходя из статистических данных.

2.2 Расчет ресурса бандажа $S_{\text{КП}}$ между обточками, тыс. км.

$$S_{\text{КП}} = \frac{10}{N_{\text{КП}}}$$

2.3 Расчет ресурса бандажа $S_{\text{КП общ}}$ на жизненном цикле для колесной пары с бандажами диаметром 1050мм, тыс. км

С учетом 4-х обточек на жизненном цикле, бандаж располагает 5-ю отрезками эксплуатации (до обточки, между обточками и до списания).

$$S_{\text{КП общ}} = 5 S_{\text{КП}} = 5 \frac{10}{N_{\text{КП}}}$$

2.3.1. Расчет ресурса бандажа $S_{\text{КП общ 1080}}$ на жизненном цикле для колесной пары с бандажами диаметром 1080мм, тыс. км

$$S_{\text{КП общ 1080}} = 7 \Delta_{\text{к1080}} S_{\text{КП}}$$

Где число «7» обусловлено увеличением толщины бандажа и соответственно увеличением отрезков эксплуатации между обточками;

а $\Delta_{\text{к1080}} = \frac{D_{\text{проект}} - D_{\text{баз}}}{D_{\text{баз}}}$ и учитывает влияние длинны окружности на ресурс бандажа.

где $D_{\text{проект}}$ - проектный диаметр бандажа (1080мм), мм;

$D_{\text{баз}}$ - базовый диаметр бандажа (1050мм), мм.

2.3.2. Расчет ресурса бандажа $S_{\text{КП общ 1250}}$ на жизненном цикле для колесной пары с бандажами диаметром 1250мм.

$$S_{\text{КП общ 1250}} = 6 \Delta_{\text{к1250}} S_{\text{КП}}$$

Где число «б» обусловлено увеличением толщины бандажа и соответственно количеством отрезков эксплуатации между обточками;

а $\Delta_{к1250} = \frac{D_{\text{проект}} - D_{\text{баз}}}{D_{\text{баз}}}$ и учитывает влияние длинны окружности на ресурс бандажа.

где $D_{\text{проект}}$ - проектный диаметр бандажа (1250мм), мм;

$D_{\text{баз}}$ - базовый диаметр бандажа (1050мм), мм.

Примечание: Расчетные величины $S_{\text{КП общ1080}}$ и $S_{\text{КП общ1250}}$ используются для оценки влияния диаметра на общий ресурс бандажа колесной пары. При расчете для базовой тележки (ТЭ10в/и, ТЭ116в/и, ТЭ25Кв/и) равны $S_{\text{КП общ}}$.

3. Этап III. Расчет «оставшегося» ресурса бандажа на текущую дату $T_{\text{КП}}$, дней.

$$T_{\text{КП}} = \frac{(S_{\text{КП общ}} - P_{\text{КП}})T}{P_{\text{КП}}}$$

где $P_{\text{КП}}$ - фактический пробег КП от смены бандажей или постройки, на текущую дату, тыс. км;

T – период наработки КП от смены бандажей или постройки, на текущую дату, дней;

$T_{\text{КП}}$ - «оставшийся» ресурс бандажа от смены бандажей или постройки, на текущую дату, дней.

В итоге при расчете по данной методике получаем оставшийся ресурс колесной пары (двух бандажей) на сегодняшний день. При выполнении аналогичного расчета для каждой колесной пары по каждому локомотиву (так как пробеги колесных пар одного локомотива могут быть разными) мы получаем временной интервал и количество бандажей подходящих к замене. Исходя из этих данных и необходимо формировать потребность в бандажах для заказа.