

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано совещанием экспертов Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
с 4 по 6 мая 2004 г. в г. Велке Биловице

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
с 2 по 5 ноября 2004 г., г. Варшава

Дата вступления в силу: 5 ноября 2004 г.

**Р
756/4**

**НОРМАТИВНЫЕ СРОКИ
СЛУЖБЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ НА ДЕРЕВЯННЫХ
И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БРУСЬЯХ ПО ИЗНОСУ ОСНОВНЫХ
КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>стр.</i>
1. Общие положения	3
2. Методика определения нормативных сроков службы стрелок и крестовин.....	3
3. Определения комплексной характеристики эксплуатационных условий.....	11
4. Допустимые нормы износа стрелок и крестовин.....	15
5. Характерные особенности работы стрелочных переводов под поездами, которые необходимо учитывать при расчетах нормативных сроков службы для стрелок и крестовин	17
6. Планирование ремонтов и замены стрелочных переводов в разных условиях эксплуатации	18

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Несущие металлические элементы стрелочных переводов (стрелки, крестовины, соединительные пути) выходят из строя главным образом по двум причинам: по износу поверхности катания и по дефектам, которые образуются на той же поверхности, или в других зонах конструкции.

В процентном соотношении выход металлических элементов стрелочных переводов по тем или иным причинам на разных линиях и категориях путей может быть разным и определяется, прежде всего, различием в эксплуатационных условиях, в которых работают данные конструкции. Исследованиями и опытом эксплуатации установлено, что на главных путях магистрального транспорта выход крестовин по износу составляет около 60%, по дефектам около 40%. При этом дефекты в массовом порядке начинают развиваться лишь после износа поверхности катания 4-6 мм, то есть, фактически после реализации нормированной величины износа. Для путей менее ответственных категорий (то есть приемоотправочных, сортировочных и других станционных) явно преобладающим фактором выхода крестовин из строя является износ их поверхности катания. Практически проблема поражения дефектами стрелок и крестовин больше связана с качеством металла и особенностями конструкции и в меньшей мере - с особенностями эксплуатации.

1.2. Срок службы стрелочного перевода в целом определяют по состоянию стрелки, и, прежде всего, по износу ее главных рельсовых элементов - острижков и рамных рельсов.

Срок службы стрелок и крестовин определяется количеством пропущенного по стрелочному переводу тоннажа до достижения величины допустимого износа, регламентированного ТУ. Сроки службы стрелок и крестовин разные. Наименьший срок службы имеют жесткие желобчатые крестовины, которые используются в стрелочных переводах массового производства (обыкновенные, симметричные), а также в глухих пересечениях. Сроки службы жестких крестовин могут быть в 2-3 раза (а иногда и больше) меньшими, чем сроки службы стрелок.

1.3. Различаются гарантийные и нормативные сроки службы стрелок и крестовин.

Гарантийные сроки службы стрелок и крестовин определяются качеством изготовления конструкций на заводах и устанавливаются по согласованию заказчика (железной дороги) и производителя (завода) с целью повышения ответственности предприятий поставщиков стрелочной продукции. Гарантийные сроки службы измеряются величиной гарантированного минимального пропущенного по стрелкам и крестовинам тоннажа или гарантированным минимальным сроком эксплуатации (в годах) этих элементов в безаварийном режиме и означают, что на протяжении гарантийного срока стрелки и крестовины при содержании их в пути в соответствии с требованиями ТУ, они должны работать без изломов или других дефектов, нарушающих нормальную эксплуатацию, а размеры их износа – не должны превышать предельных допусков, которые установлены этой же инструкцией.

Нормативные сроки службы стрелок и крестовин определяются количеством пропущенного по ним тоннажа T_n до достижения величины допустимого нормативного износа h_n . Нормативные величины износа для стрелок и крестовин разные и установлены, исходя из допустимых размерных соотношений колес подвижного состава и рельсовой колеи с учетом динамики их взаимодействия и скорости движения поездов. *Нормативные сроки службы должны быть разными для конструкций, которые работают в разных условиях эксплуатации*, то есть при разных осевых нагрузках, разных скоростях движения поездов, разной грузонапряженности и др. *Они также являются разными для разных типов и марок стрелочных переводов.*

1.4. Установленные ранее (в 1979 - 1982-х г.г. и в 1991 г.) для сети железных дорог СССР среднесетевые нормативные сроки службы для стрелок и крестовин на деревянных брусках к настоящему времени устарели, и они *не могут быть рационально использованы для железных дорог других стран*: во-первых, потому, что они лишь приблизительно характеризовали сроки службы указанных элементов и лишь относительно только среднесетевых условий железных дорог СССР; во-вторых, потому, что эти нормативы не предусматривали учета конкретных эксплуатационных условий для конкретных железных дорог и не были предназначены для стрелочных переводов на железобетонных брусках.

В данной Памятке предложена новая Методика определения и расчета нормативных сроков службы стрелок и крестовин (по износу), которая предусматривает возможность учета всего комплекса эксплуатационных факторов (конкретных существующих или проектируемых), при которых работают стрелочные переводы (количество пропущенного по конструкциям тоннажа T_i , величина колесных нагрузок P_i , скорости движения поездов V_i , диаметры колес подвижного состава d_i).

Методика может применяться как единая: для стрелочных переводов на деревянных и железобетонных брусках; для стрелок и крестовин; для стрелочных переводов с различными углами ответвления (1/18, 1/11, 1/12, 1/9, 1/7 и др.), а также для переводов различного конструктивного оформления (с крестовинами с неподвижными элементами или с крестовинами, имеющими подвижные элементы).

2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ СТРЕЛОК И КРЕСТОВИН

2.1. Сущность методики состоит в использовании расчетной кривой износа поверхности катания крестовин (или остряков, или рамных рельсов стрелки) для определения нормативных сроков службы конструкции (рис. 1). За расчетную кривую износа принимается зависимость, которая близка к уравнению параболы и имеет аналитическое выражение вида:

$$h = a\sqrt{T} + b \cdot T \quad (1)$$

Указанная зависимость (1) в сравнении с другими известными зависимостями наиболее правильно отражает физическую сущность явления износа потому, что износ поверхности катания происходит главным образом вследствие двух одновременно протекающих процессов: за счет смятия металла в результате влияния высоких контактных давлений и за счет истирания металла вследствие фрикционного взаимодействия между колесами и поверхностью катания. Преобладание того или другого физического процесса определяет интенсивность накопления износа в конкретный период эксплуатации.

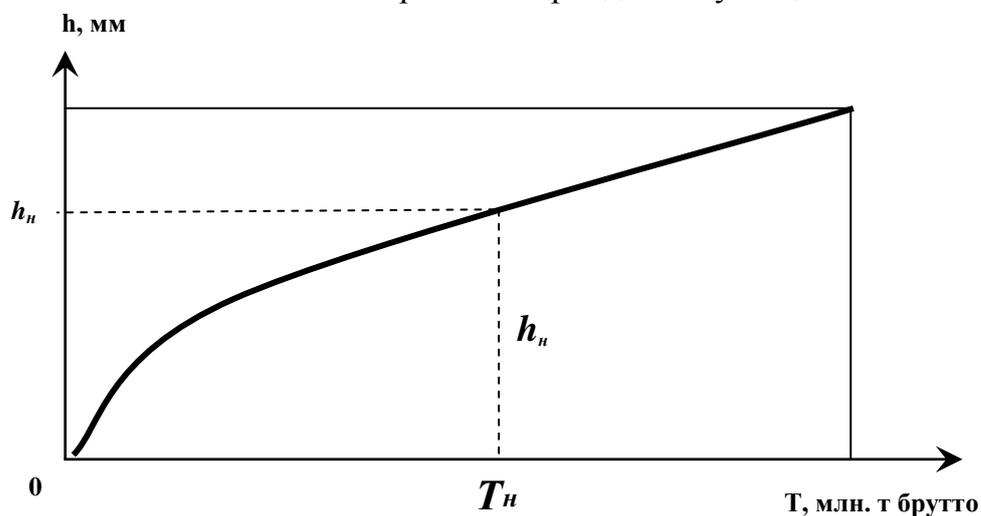


Рис. 1

Структура формулы (1) прямо отвечает физической сущности явления износа. В начальный период эксплуатации накопление износа происходит главным образом за счет смятия металла, и в этот период наибольшую нагрузку берет на себя 1-й член правой части уравнения (1) с коэффициентом " a ", потом, после приобретения наклепа металла на поверхности катания, накопление износа продолжается главным образом за счет истирания металла и в этот период наибольшую нагрузку берет на себя 2-й член правой части уравнения (1) с коэффициентом " ϵ ". Коэффициенты " a " и " ϵ " в формуле (1) имеют соответствующие значения для каждой конкретной конструкции. Они изменяются в зависимости от типа рельсов стрелочного перевода и марки крестовины, конкретного конструктивного оформления стрелок и крестовин и, что не менее важно, от условий эксплуатации. Условия эксплуатации при описании кривой износа учитываются, во первых, подсчетом пропущенного по конструкции тоннажа (T) и, во вторых, с помощью переменных по величине коэффициентов " a " и " ϵ ", зависящих от комплексной силовой характеристики эксплуатационных условий U_i по формулам:

$$\left. \begin{aligned} a_i \pm \sqrt{|\epsilon_i|} &= (K_1)_i \cdot U_i + (C_1)_i \\ \epsilon_i &= A_i \cdot \sin(\omega \cdot U_i + \varphi_i) + (K_2)_i \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где:

$U_i = f(P_i, V_i, d_i, \Delta P_i)$ — комплексная характеристика эксплуатационных условий, учитывающая все основные факторы (кроме пропущенного тоннажа), влияющие

на износ стрелок и крестовин (а именно: величины колесных нагрузок P_i пропускаемых по конструкции, скорости движения поездов V_i , диаметры колес подвижного состава d_i , величины дополнительных воздействий от влияния неровностей по поверхности катания ΔP_i);

K_1, K_2, C_1 - числовые коэффициенты, которые определяются расчетом по отдельной методике и имеют конкретные значения для каждой марки крестовины соответствующей конструкции;

A_i, ω, φ_i - соответственно амплитуда, круговая частота и фаза смещения относительно начала координат синусоиды, по уравнению которой изменяется величина коэффициента " e_i " уравнения вида (1).

Расчеты по определению числовых коэффициентов и параметров для соответствующих кривых износа в тексте этой Памятки не приводятся, так как могут быть получены дорогами самостоятельно. Для практического определения нормативных сроков службы T_n достаточно таблиц вида 2.1 и 2.2 или графика зависимости $T_n = f(U+U_1)$ вида, приведенного на рис. 2.

Методика определения комплексной силовой характеристики эксплуатационных условий $U = U_1 + U_2$ приведена в разделе 3 Памятки.

Расчетная зависимость, которая выражает непрерывную функциональную связь вертикального износа h крестовин (или остряков, или рамных рельсов) с полным комплексом эксплуатационных факторов $h = f(T, U)$ имеет следующий вид:

$$h = \left(K_i U_i + C_1 \mp \sqrt{|A \cdot \sin(\omega_i U_i + \varphi_i) + K_2|} \right) \cdot \sqrt{T} + (A \cdot \sin(\omega_i U_i + \varphi_i) + K_2) \cdot T. \quad (3)$$

Уравнение (3) позволяет решать задачи по прогнозированию износа поверхности качения в любой момент эксплуатации, в зависимости от существующих или проектируемых условий эксплуатации.

Выражение (3) является верным для определения величины износа на крестовинах любой марки и типа в любой момент эксплуатации. Оно также верно для расчета износа основных элементов стрелок (рамных рельсов и остряков) с тем лишь различием, что эти элементы имеют отличную от крестовин кривую износа (но того же вида (1) и имеют другие значения коэффициентов " a " и " b ").

2.2. *Расчетным способом нормативные сроки службы крестовин и стрелок T_H определяются из решения начального уравнения износа (1) с использованием в качестве критерия величину нормативного износа h_n (рис. 1). Величина нормативного износа нормируется соответственно с указаниями раздела 4 этой Памятки. Уравнение, которое позволяет рассчитывать прогнозные сроки службы по износу имеет вид:*

$$T_H = \frac{a^2 + 2h_n \cdot b}{2b^2} + \left[\left(\frac{a^2 + 2h_n \cdot b}{2b^2} \right)^2 - \left(\frac{h_n}{b} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

После подстановки в уравнение (4) значений коэффициентов " a " и " b ", вычисленным по формулам (2), можно рассчитать величину допустимого (нормативного) тоннажа T_H для крестовин (или рамных рельсов, или остряков), приняв конкретное значение нормированного вертикального износа h_n .

При практическом определении нормативных сроков службы T_n на железных дорогах удобнее рекомендовать заранее рассчитанные таблицы вида 2.1 и 2.2 или построенные на основе этих таблиц графики зависимости $T_n = f(U + U_I)$, имеющие вид приведенный на рис. 2 для крестовин типа Р65 марки 1/11 украинского производства.

Ожидаемый тоннаж до обретения нормированного допустимого износа T_n в конечном итоге определяет ожидаемый срок службы крестовины или рамных рельсов, или остряков в млн. т брутто. По указанной методике необходимо определять нормативные сроки службы до 1-й наплавки.

2.3. Сроки службы от 1-ой до 2-ой наплавки или от 2-ой до 3-ей наплавки необходимо определять с учетом изменений интенсивности износа после наплавки и с учетом реализованной высоты наплавки.

Исследованиями установлено, что интенсивность износа крестовин после наплавки выше, чем до наплавки. (Например, для крестовин сборных с литым сердечником из высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л украинского и российского производства интенсивность износа наплавленных крестовин выше в $K_{изн}^{напл} = 1,3 \div 1,5$ раза).

Таким образом, для определения нормативных сроков службы крестовин по тоннажу, который пропускается от 1-й до 2-й наплавки $T_{напл. 2}$, необходимо к нормативному сроку службы до 1-й наплавки $T_{напл. 1}$ прибавить еще один нормативный срок службы, но уменьшенный на величину коэффициента увеличения интенсивности износа после наплавки $K_{изн}^{напл}$.

$$T_{напл. 2} = T_{напл. 1} + T_{напл. 1} / K_{изн}^{напл} \quad (5)$$

Нормативный тоннаж от 2-й до 3-й наплавки определяется по формуле:

$$T_{напл. 3} = T_{напл. 1} + 2T_{напл. 1} / K_{изн}^{напл} \quad (6)$$

**Нормативные сроки службы стрелочных переводов
типа Р65 марки 1/11 на деревянных брусках**

Таблица 2.1

Тип стрелочного перевода	Марка крестовины	Элемент перевода	Вертикальный износ, h_n , мм	Нормативные сроки службы основных элементов T_n , млн. т брутто				
				Характеристика силовой нагруженности $U+U_1$, кН·с/м				
				I категория качества / II категория качества				
				$U+U_1=384$ $U=220$	$U+U_1=449$ $U=265$	$U+U_1=472$ $U=290$	$U+U_1=495$ $U=290$	$U+U_1=530$ $U=320$
Р65	1/11	сердечн. ПРШ	5	$1,04 \cdot T_n$	$T_n = 113/87$	$0,96 \cdot T_n$	$0,80 \cdot T_n$	$0,67 \cdot T_n$
			6	$1,04 \cdot T_n$	$T_n = 140/107$	$0,96 \cdot T_n$	$0,86 \cdot T_n$	$0,72 \cdot T_n$
		сердечн. ПШ	5	$1,04 \cdot T_n$	$T_n = 160/122$	$0,86 \cdot T_n$	$0,74 \cdot T_n$	$0,67 \cdot T_n$
			6	$1,04 \cdot T_n$	$T_n = 220/170$	$0,86 \cdot T_n$	$0,76 \cdot T_n$	$0,72 \cdot T_n$
		усовики ПШ	5	$1,11 \cdot T_n$	$T_n = 78/52$	$0,83 \cdot T_n$	$0,71 \cdot T_n$	$0,51 \cdot T_n$
			6	$1,15 \cdot T_n$	$T_n = 98/65$	$0,92 \cdot T_n$	$0,77 \cdot T_n$	$0,53 \cdot T_n$
		усовики ПРШ	5	$1,11 \cdot T_n$	$T_n = 103/70$	$0,77 \cdot T_n$	$0,65 \cdot T_n$	$0,53 \cdot T_n$
			6	$1,13 \cdot T_n$	$T_n = 135/90$	$0,77 \cdot T_n$	$0,65 \cdot T_n$	$0,53 \cdot T_n$
		рамный рельс	4	$1,04 \cdot T_n$	$T_n = 260$	$0,85 \cdot T_n$	$0,74 \cdot T_n$	$0,67 \cdot T_n$
			5	$1,04 \cdot T'_n$	$T'_n = 320$	$0,85 \cdot T'_n$	$0,74 \cdot T'_n$	$0,67 \cdot T'_n$
			6	$1,04 \cdot T''_n$	$T''_n = 400$	$0,85 \cdot T''_n$	$0,74 \cdot T''_n$	$0,67 \cdot T''_n$

**Нормативные сроки службы стрелочных переводов
типа Р65 марки 1/11 на железобетонных брусках**

Таблица 2.2

Тип стрелочного перевода	Марка крестовины	Элемент перевода	Вертикальный износ, h , мм	Нормативные сроки службы основных элементов T_n , млн. т брутто						
				Характеристика силовой нагруженности $U+U_1$, кН·с/м						
				I категория качества / II категория качества						
				$U+U_1=280$ $U=165$	$U+U_1=300$ $U=175$	$U+U_1=315$ $U=185$	$U+U_1=335$ $U=200$	$U+U_1=345$ $U=205$	$U+U_1=360$ $U=210$	$U+U_1=375$ $U=220$
Р65	1/11	серд. ПРШ	5	$1,46 \cdot T_n$	$1,38 \cdot T_n$	$1,33 \cdot T_n$	$1,22 \cdot T_n$	$1,17 \cdot T_n$	$1,09 \cdot T_n$	$T_n = 138/118$
			6	$1,40 \cdot T_n$	$1,35 \cdot T_n$	$1,28 \cdot T_n$	$1,20 \cdot T_n$	$1,16 \cdot T_n$	$1,09 \cdot T_n$	$T_n = 186/155$
		усов. ПШ	5	$1,55 \cdot T_n$	$1,48 \cdot T_n$	$1,42 \cdot T_n$	$1,30 \cdot T_n$	$1,23 \cdot T_n$	$1,11 \cdot T_n$	$T_n = 107/95$
			6	$1,47 \cdot T_n$	$1,40 \cdot T_n$	$1,36 \cdot T_n$	$1,26 \cdot T_n$	$1,20 \cdot T_n$	$1,11 \cdot T_n$	$T_n = 142/132$
		рам-ный рельс	4				$1,2 \cdot T_n$			$T_n = 300$
			5				$1,2 \cdot T'_n$			$T'_n = 380$
	6					$1,2 \cdot T''_n$			$T''_n = 480$	

Примечание:

1. В числителе представлены значения T_n для металла крестовин I категории качества, в знаменателе – для II категории качества.
2. Характеристики металла крестовин (из марганцовистой стали марки 110 ГЗЛ) для 1-ой категории качества приняты: $\sigma_s=81-90$ кг/мм²; $\sigma_{0,2}=41-49$ кг/мм²; $\frac{\delta+\psi}{2}=31-40\%$; для 2-ой категории качества: $\sigma_s=65-80$ кг/мм²; $\sigma_{0,2}=36-40$ кг/мм²; $\frac{\delta+\psi}{2} \leq 30\%$.
3. Для промежуточных значений U и U_1 значения T_n определяют по интерполяции между 2-мя соседними значениями T_n , взятыми из таблицы.

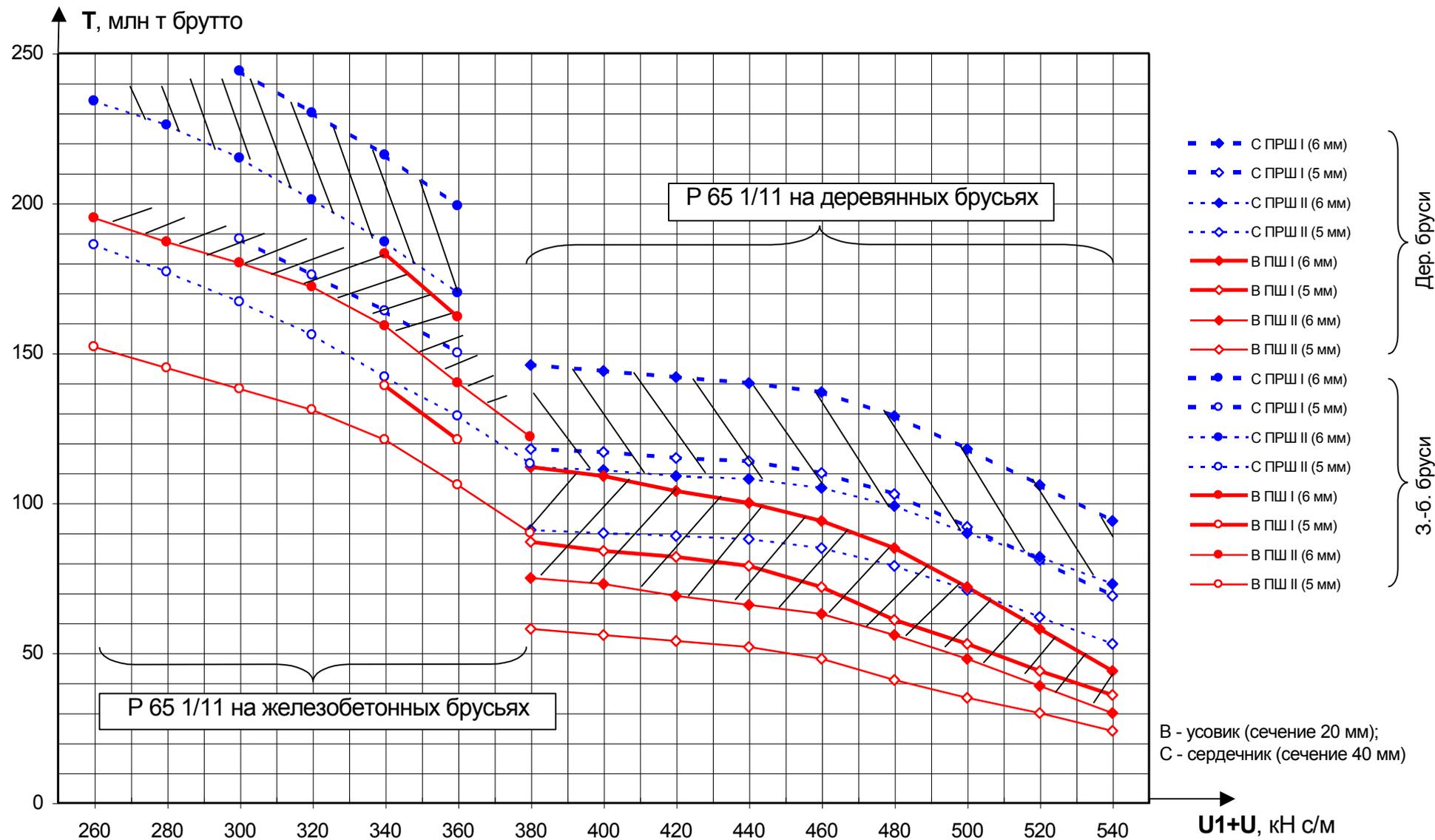


Рис. 2 Зависимость нормативных сроков службы T_n , млн. т брутто, от характеристик силовой нагруженности $U+U_1$, кН·с/м (для установленных величин нормативного износа $h_n=5$ мм и $h_n=6$ мм)

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ

Интенсивность деформаций контактной поверхности рельсов, острижков и крестовин проявляется в виде накопления износа и контактных дефектов, зависит от величины контактной нагрузки P_k , времени ее действия Δt и скорости относительного перемещения трущихся поверхностей колеса и рельса. Величину колесной нагрузки в расчетах удобно идентифицировать величиной удельного колесного давления на рельс, то есть в виде отношения действующей динамической силы к диаметру колеса $P_k^{дин} / d$. Скорость относительного перемещения трущихся поверхностей, прямо зависит от скорости движения поезда V . Динамическая колесная нагрузка, которая реализуется при воздействии на рельсовые элементы, определяется как сумма статической колесной нагрузки и динамической добавки:

$$P_{k\max}^{дин} = P_k^{ст} + \Delta P_k^{дин}, \quad (7)$$

где $\Delta P_k^{дин} = f(m, V)$ - величина динамической добавки колесной нагрузки, зависящая от скорости движения, величины взаимодействующих масс и характера возбуждающих факторов (неровностей на пути или колесах).

Аккумуляция износа поверхности катания, а также усталостных повреждений на поверхности катания зависит от количества колесных воздействий N_i . Величина N_i прямо пропорциональна пропущенному тоннажу T .

Тоннаж, который пропускается по конструкции, непосредственно учитывается в формуле (3) функциональной взаимосвязи накопления износа (h) от пропущенного тоннажа (T).

Для учета всех силовых факторов, которые характеризуют конкретные условия эксплуатации каждой конкретной конструкции пути и определяют работоспособность этой конструкции, принимается *комплексная характеристика силовой нагруженности пути* в виде:

$$U = U_1 + U_2 = \frac{\bar{P}_{K(T)} \cdot \bar{V}(T)}{g \cdot \bar{d}(T)} + \frac{\Delta P_k^{дин} \cdot \Delta t}{\bar{d}(T)}, \quad (8)$$

где $\bar{P}_{K(T)}$; $\bar{V}(T)$; $\bar{d}(T)$ - соответственно средневзвешенные (по тоннажу) значения колесных нагрузок P_i , которые действуют на рельсовые элементы, скоростей движения V_i и диаметров колес d_i подвижного состава, который движется через рассматриваемую конструкцию;

Δt - время действия динамической силы $P_k^{дин}$ на длине неровности пути (рекомендуется принимать длину неровности на рассматриваемой конструкции, где реализуются наибольшие динамические силы и где интенсивность износа наибольшая).

$\Delta P_k^{дин}$ - вертикальная динамическая инерционная сила, которая возникает (дополнительно к статической колесной нагрузке) от влияния неровностей в зоне перекатывания колес по крестовине или в зоне стрелки.

Характеристика U является энергетической характеристикой процесса взаимодействия, так как учитывает количественную часть движущейся массы, действующей на путь ($V \cdot P / g = m \cdot V$ - количество движения), и учитывает время взаимодействия Δt и динамику взаимодействия ($\Delta P_k^{дин}$).

Для расчета обобщенной характеристики силовой нагруженности пути необходимо предварительно определить значения всех величин, которые входят в формулу (8). Методика их определения следующая.

3.1. Все многообразие (спектр) колесных нагрузок, которые пропускаются по конструкции, может быть выражено через величину *средневзвешенной (по тоннажу) колесной нагрузки* $\bar{P}_{K(T)}$, которое составляет половину осевой средневзвешенной нагрузки

$$\bar{P}_{K(T)} = \frac{\bar{P}_{0(T)}}{2}, \quad (9)$$

Величина средневзвешенной (по тоннажу) осевой нагрузки определяется по следующей методике:

3.1.1. Средневзвешенная величина осевой нагрузки в каждом отдельном поезде определяется по формуле:

$$\bar{P}_{0_i} = \frac{Q_i}{N_i}, \quad (10)$$

где Q_i - масса поезда;

N_i - количество осей в каждом i -том поезде, определяемое из выражения:

$$N_i = n_g \cdot n_{o.g.} + n_{o.l.} \quad (11)$$

где n_g - количество вагонов в поезде;

$n_{o.g.}$ - количество осей в вагоне;

$n_{o.l.}$ - количество осей в локомотиве.

3.1.2. Средневзвешенная (по тоннажу) величина осевой нагрузки для каждой однородной группы поездов (грузовые нагруженные, грузовые порожние, пассажирские, сборные, электропоезда и др.), которые пропускаются за год по данной конструкции, определяется по формулам:

а) для грузовых груженых поездов:

$$\bar{P}_0^{г.сп.} = \frac{\sum T_{г.сп.}}{\sum N_i^{г.сп.}} = \frac{\sum Q_i^{г.сп.}}{\sum N_i^{г.сп.}} = \frac{\sum P_{0_i}^{г.сп.} \cdot N_i^{г.сп.}}{\sum N_i^{г.сп.}}, \quad (12)$$

где $\sum T_{г.сп.}$ - сумма пропущенного тоннажа за год по рассматриваемой конструкции от грузовых груженых поездов. Эта сумма равняется сумме масс пропущенных за год грузовых поездов $\sum T_{г.сп.} = \sum Q_i^{г.сп.}$;

$\sum N_i^{г.п.}$ - количество осей в грузовых груженных поездах, которые пропускаются по конструкции за год.

Таким же образом определяются средневзвешенные (по тоннажу) величины осевой нагрузки для других однородных групп поездов, которые пропускаются по рассматриваемой конструкции:

б) для грузовых порожних поездов:

$$P_0^{г.п.} = \frac{\sum T_{г.п.}}{\sum N_i^{г.п.}} = \frac{\sum Q_i^{г.п.}}{\sum N_i^{г.п.}};$$

в) для пассажирских поездов:

$$P_0^{п.ас.} = \frac{\sum T_{п.ас.}}{\sum N_i^{п.ас.}} = \frac{\sum Q_i^{п.ас.}}{\sum N_i^{п.ас.}};$$

г) для электропоездов

$$P_0^{эл.} = \frac{\sum T_{эл.}}{\sum N_i^{эл.}} = \frac{\sum Q_i^{эл.}}{\sum N_i^{эл.}}.$$

д) и т.д. для других поездов ...

(13)

3.1.3. Расчетная величина средневзвешенной (по тоннажу) осевой нагрузки $\bar{P}_{0(T)}$ для всего спектра подвижного состава, который пропускается по конструкции, определяется по формуле:

$$\bar{P}_{0(T)} = \frac{\sum \bar{P}_0^{г.п.} \cdot N_i^{г.п.} + \sum \bar{P}_0^{г.п.ор.} \cdot N_i^{г.п.ор.} + \sum \bar{P}_0^{п.ас.} \cdot N_i^{п.ас.} + \sum \bar{P}_0^{сб.} \cdot N_i^{сб.} + \sum \bar{P}_0^{эл.} \cdot N_i^{эл.}}{\sum N_i^{г.п.} + \sum N_i^{г.п.ор.} + \sum N_i^{п.ас.} + \sum N_i^{сб.} + \sum N_i^{эл.}} \quad (14)$$

3.1.4. Конечная расчетная величина средневзвешенной (по тоннажу) колесной нагрузки, которая проходит за год по рассматриваемой конструкции определяется как половина от осевой нагрузки, определенной по формуле (14):

$$\bar{P}_{K(T)} = \frac{\bar{P}_{0(T)}}{2} \quad (9)'$$

3.2. Значения средневзвешенной (по тоннажу) скорости движения всего спектра поездов, которые пропускаются за год по конструкции, определяется из выражения:

$$\bar{V}_{(T)} = \frac{\sum \bar{V}_0^{г.п.} \cdot Q_i^{г.п.} + \sum \bar{V}_0^{г.п.ор.} \cdot Q_i^{г.п.ор.} + \sum \bar{V}_0^{п.ас.} \cdot Q_i^{п.ас.} + \sum \bar{V}_0^{сб.} \cdot Q_i^{сб.} + \sum \bar{V}_0^{эл.} \cdot Q_i^{эл.}}{\sum Q_i^{г.п.} + \sum Q_i^{г.п.ор.} + \sum Q_i^{п.ас.} + \sum Q_i^{сб.} + \sum Q_i^{эл.}} \quad (15)$$

В формуле (15) принято:

$\bar{V}^{з.зр.}$ - средневзвешенная величина скорости движения всех грузовых грузовых поездов, которые пропущены за год по конструкции

$$\bar{V}^{з.зр.} = \frac{\sum V_i^{з.зр.} \cdot Q_i^{з.зр.}}{\sum Q_i^{з.зр.}} . \quad (16)$$

где $V_i^{з.зр.}$, $Q_i^{з.зр.}$ - соответственно скорость движения и масса каждого i -го поезда, который пропускается за год по конструкции.

3.3. Значение средневзвешенного (по тоннажу) диаметра колес подвижного состава, который пропускается за год по конструкции, необходимо определять лишь в случае обращения подвижного состава с диаметрами колес, которые существенно отличаются (например, на путях промышленного транспорта). В этом случае $\bar{d}_{(T)}$ определяется аналогично средневзвешенной скорости движения $\bar{V}_{(T)}$.

На магистральном транспорте диаметры колес грузовых и пассажирских вагонов или отличаются не существенно, или совсем не отличаются. Колеса локомотивов отличаются по диаметру от колес вагонов, но в общем спектре колес поездов, локомотивные колеса составляют лишь незначительный процент и не могут существенно влиять на изменение средневзвешенной величины диаметров обращающихся колес.

Поэтому для магистрального транспорта для практических расчетов значения средневзвешенного диаметра колес подвижного состава $\bar{d}_{(T)}$, который обращается, можно принимать равным среднему диаметру колес грузового и пассажирского вагонов и электропоездов

$$\bar{d}_{(T)} = \frac{\bar{d}^з + \bar{d}^{нас} + \bar{d}^{эл}}{3} . \quad (17)$$

3.4. Значение динамической добавки контактной силы от влияния неровностей на пути определяется в зависимости от параметров неровности, места ее расположения на пути, характеристик жесткости пути и типа подвижного состава.

Величина ΔP_K определяется из теоретических расчетов пути на прочность (по отдельной методике) или по данным экспериментальных исследований для соответствующих единиц подвижного состава и соответствующих скоростей движения.

4. ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ИЗНОСА СТРЕЛОК И КРЕСТОВИН

4.1. Допустимые нормы износа стрелок и крестовин h_n регламентируются инструктивными документами железных дорог, исходя из условий обеспечения безопасности движения поездов с установленными скоростями.

Допустимые нормы износа являются основой для назначения ремонтов или замены изношенных частей стрелочных переводов. При превышении указанных нормативов стрелочные переводы (до их замены) разрешается эксплуатировать с ограничением скорости движения поездов $V_{доп}$.

Пример допускаемых нормативов износа элементов стрелочных переводов h_n (мм), применяемых на железных дорогах УЗ и РЖД для типовых конструкций переводов с крестовинами сборными и цельнолитыми с неподвижными элементами, приведен в таблицах 4.1 и 4.2.

В таблицах 4.3 и 4.4 приведены дополнительные нормативы h_n (превышающие основные нормативы по табл. 4.1 и 4.2), которые применяются в качестве исключения при эксплуатации стрелочных переводов с ограничением скоростей движения по ним.

Наибольшие допустимые нормы вертикального износа элементов стрелочных переводов, мм (основные нормативы)

Таблица 4.1

Элемент перевода	При скоростях движения поездов и типах рельсов								
	Пассаж поезда 121-140 км/час	Грузов. поезда 81-90 км/час	Пассаж поезда 101-120 км/час	Пассажирские до 100 км/час, грузовые до 80 км/час			Р43 и легче		
	Р65 и тяжелее		Р50 и тяжелее	Р50 и тяжелее					
	главные пути			главные пути	пр. - отпр. пути	другие пути	гл. пути	пр. - отпр. пути	другие пути
Рамный рельс	5	8	6	8	10	12	6	8	10
Остряк	5	8	6	8	10	12	6	8	10
Сердечники крестовин в сечении 40 мм и усовики (между горлом и сечением сердечника 30 мм)	5	6	5	6	8	10	5	8	10
Рельсы соединительных путей	6	9	10	10 (Р50) 12 (Р65)	10 (Р50) 13 (Р65)	10 (Р50) 13 (Р65)	9	10	10

**Наибольшие допустимые нормы бокового износа элементов
стрелочных переводов, мм (основные нормативы)**

Таблица 4.2

Тип стрелочного перевода	Наименование пути, величина наибольшей скорости движения и категория поезда	Допустимый боковой износ, мм	
		рамного рельса и остряка в наиболее изношенном месте	рамного рельса против остряка остряка
Р65 и тяжелее	Пассажирские, 121-140 км/час	5	5
Р65, Р50	Пассажирские, 101-120 км/час	6	6
Р65 и тяжелее	Пассажирские до 100 км/час и грузовые до 90 км/час	8	6
Р65 и тяжелее	Приемоотправочные	8	6
	Другие	11	6
Р50 и легче	Главные, скорость до 100 км/час	8	6
	Приемоотправочные	8	6
	Другие	11	6

**Допустимые скорости движения, км/час, по стрелкам с износом,
превышающим основные нормативы**

Таблица 4.3

Тип стрелочного перевода	Вертикальный износ рамных рельсов и остряков, мм				
	6,1 – 7,0	7,1 – 8,0	8,1 – 9,0	9,1 – 10,0	10,1 – 12,0
Р65 и тяжелее	пасс. – 100; груз. – 90		60	50	40
Р50	пасс. – 100; груз. – 80		50	40	25
Р43	50	40	25	25	-

**Допустимые скорости движения, км/час, по крестовинам с износом,
превышающим основные нормативы**

Таблица 4.4

Категория поездов	Тип стрелочного перевода	Вертикальный износ крестовин, мм				
		5,1 – 6,0	6,1 – 8,0	8,1 – 10,0	10,1 – 12,0	12,1 – 14,0
Грузовые	P65	90	70	60	50	25
	P50	80	70	60	40	-
	P43	70	60	50	25	-
Пассажирские и рефрижераторные	P65	100	80	70	50	25
	P50	100	70	60	40	-
	P43	70	60	50	25	-
Электросекции и дизельные поезда	P65	100	80	70	50	25
	P50	100	80	60	40	-
	P43	70	60	50	25	-

5. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ПОД ПОЕЗДАМИ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ РАСЧЕТАХ НОРМАТИВНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ ДЛЯ СТРЕЛОК И КРЕСТОВИН

При расчетах нормативных сроков службы необходимо принимать во внимание характерные особенности работы стрелочных переводов под поездами, которые установлены на основе многолетних экспериментальных исследований и эксплуатационных наблюдений за работой стрелочных переводов на железных дорогах УЗ и СНГ.

5.1. Стрелочные переводы *пошерстного (ПШ)* и *противошерстного (ПРШ)* направлений имеют разные особенности формирования износа, поэтому они *должны рассматриваться по отдельности*.

5.2. Усовики крестовин изнашиваются более интенсивно, чем сердечники крестовин, потому *износ усовиков и сердечников следует рассматривать по отдельности*.

5.3. Более интенсивно изнашиваются *усовики ПШ* - направления в сравнении с *ПРШ* - крестовинами. И наоборот, *сердечники* крестовин *ПРШ* - направления изнашиваются более интенсивно в сравнении с *ПШ* - крестовинами. Усовики *ПШ* - направления более интенсивно изнашиваются в зоне между сечениями сердечника 20 мм и 12 мм, поэтому нормативы износа по

усовикам следует устанавливать по износу этой зоны. Нормативы износа по сердечникам крестовин на железных дорогах СНГ устанавливают по сечению 40 мм.

5.4. Во всех случаях усовики напротив сечений 20-12 мм сердечника изнашиваются с большей интенсивностью, чем сердечники в сечении 40 мм, поэтому *нормативы для сроков службы крестовин в целом следует назначать по износу усовиков.*

5.5. Крестовины, выполненные из металла высшей категории качества, изнашиваются менее интенсивно в сравнении с крестовинами из металла худшего качества. Поэтому *нормативные сроки тоннажа* для крестовин следует назначать *с учетом качества металла*, из которого они изготавливаются.

5.6. Соответственно указаний раздела 2 и 4 этой Памятки *нормативные сроки службы стрелок назначаются по износу рамных рельсов. Нормативные сроки службы стрелочных переводов в целом назначают по сроку службы стрелок.*

5.7. *Стрелочные переводы на деревянных и железобетонных брусках* имеют разные особенности формирования износа, поэтому *нормативные сроки службы для них отличаются даже при одинаковых условиях эксплуатации.*

6. ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТОВ И ЗАМЕНЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. В качестве основного исходного положения принимается, что допустимые нормы износа основных несущих элементов стрелочных переводов есть основанием для назначения ремонтов и замены основных элементов стрелочных переводов. При превышении указанных нормативов переводы до их замены разрешается эксплуатировать с ограничением скорости движения поездов.

6.2. С целью удлинения срока службы стрелочных переводов и, исходя из условий обеспечения безопасности движения поездов на сети железных дорог целесообразно установить следующие основные принципы системы ведения стрелочного хозяйства и планирования ремонтов и замены элементов стрелочных переводов с учетом конкретных условий эксплуатации (на примере железных дорог УЗ):

- использование наплавки крестовин для увеличения их срока службы с целью приближения суммарного срока службы наплавленных крестовин к сроку службы стрелок;

- если использование наплавки крестовины не обеспечивает в достаточной мере удлинения срока службы стрелочных переводов в целом, используется система последовательной (ступенчатой) перекладки переводов по мере их

износа с главных или многодеятельных приемоотправочных путей в малодеятельные приемоотправочные или в другие пути (рис. 3);

- переключивание стрелочных переводов из путей с более интенсивной эксплуатацией в пути с менее интенсивной эксплуатацией после достижения предельного износа на стрелке;

- совмещение переключивания стрелочных переводов с ремонтами путей на станции или выполнение этих работ по отдельности;

- повторное переключивание стрелочных переводов в целом или отдельных их элементов во второстепенные пути после выработки их ресурса в путях первичной эксплуатации;

- металлические части изъятых из пути стрелочных переводов на производственных базах путевых машинных станций выбраковываются, сортируются, ремонтируются и комплектуются, после чего стрелочные переводы переключиваются в пути соответствующей категории;

- замена отдельных элементов стрелочных переводов (крестовин, рамных рельсов, остряков).

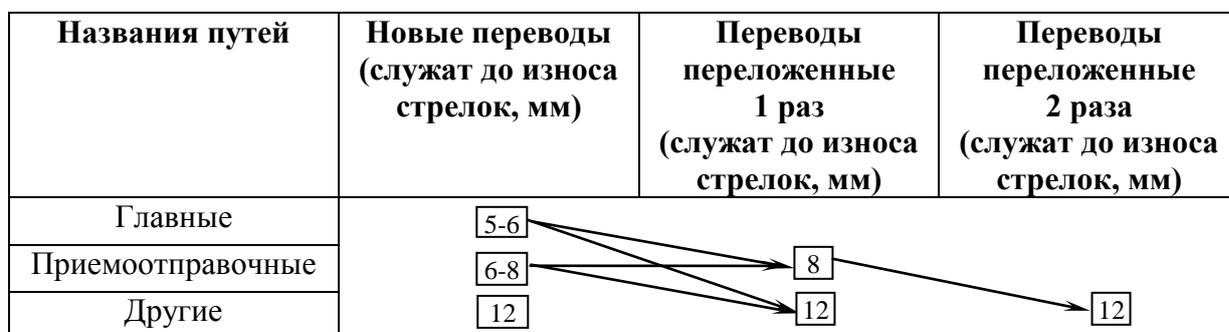


Рис. 3.

Схема последовательной переключки стрелочных переводов в менее деятельные пути

6.3. Наплавка крестовин выполняется в соответствии с правилами, приведенными в специальных Технических указаниях. Этим документом обычно устанавливаются наибольшие величины вертикального износа усювиков и сердечников, при которых разрешается ремонт крестовин в пути. В п. 6.4, 6.5, 6.6 изложены главные критерии для назначения ремонтов и замены стрелочных переводов, принятые на железных дорогах Украины. Аналогичные или сходные критерии могут быть приняты на других железных дорогах ОСЖД.

6.4. На железных дорогах УЗ наплавка допущается, если износ сердечников крестовин в сечении 40 мм и усювиков *в наиболее изношенном месте на главных путях не превышает 4,5 мм + h₆₀*, на приемоотправочных путях *6,5 мм + h₆₀*, и на других путях - *8,5 мм + h₆₀*, где h₆₀ - величина износа сердечника (мм) в сечении 60 мм.

Рационально использовать наплавку лишь непосредственно перед тем, когда по условиям допустимых нормативов вертикального износа требуется

ограничение скоростей движения поездов. То есть, например, для условий железных дорог УЗ рационально 1-ю наплавку крестовин на главных путях при рельсах Р65 и установленных скоростях движения 121-140 км/ч проводить при достижении износа усовиков или сердечника 5 мм, а при установленных скоростях до 120 км/ч - при достижении износа 6 мм. При планировании работ по наплавке назначение сроков наплавки крестовин осуществляется по прогнозным расчетам нормативных сроков службы крестовин. Контроль по назначению сроков наплавки осуществляется на основе плановых периодических натуральных измерений износа крестовин, на основе которых одновременно устанавливается конкретная зона наплавки.

Нормативные сроки службы для крестовин назначают по достижению допустимого вертикального износа h_n усовиков в зоне перекатывания (между горлом и сечением сердечника 30 мм – для конструкций крестовин железных дорог УЗ и РЖД) или сердечника (в сечении 40 мм – для тех же конструкций). Нормативные сроки службы крестовин определяют сроки выполнения плановых работ I-ой, II-ой и III-ей наплавки поверхности качения в соответствии с нормированным износом сердечника или усовиков 5 мм или 6 мм в зависимости от установленных скоростей движения поездов (табл. 4.1 и 4.4). Перекладка крестовин из главных путей в другие главные разрешается лишь при условии не более 2-х наплавки. При реализации 3-х наплавки крестовины за время службы ее в стрелочном переводе на главных путях, разрешается в дальнейшем ее укладка лишь в приемоотправочные или другие пути. Наплавка крестовины выполняется непосредственно в действующем пути без изъятия ее из стрелочного перевода, что исключает дополнительные затраты на замену крестовины, которая достигла предельного износа. Далее в зависимости от общего состояния наплавленная крестовина остается на прежнем месте или перекалывается в другой главный, но менее деятельный путь. Здесь крестовина при достижении нового износа 6 мм наплавляется во второй или в третий раз, а потом перекалывается в приемоотправочные пути, где эксплуатируется до износа 8 мм. Такая крестовина после завершения соответствующего ремонта укладывается в другие малодеятельные пути. Наплавка крестовин в действующем пути осуществляется один или два раза (но не больше 3-х раз) на периоде нормативного срока службы стрелки.

6.5. *Нормативный срок службы стрелок принято определять допустимой величиной износа рамных рельсов h_n (при необходимости заменяются отдельные преждевременно изношенные острия).* После достижения допустимой величины износа рамных рельсов h_n (или несколько меньшей) назначают перекладку всего стрелочного перевода в менее деятельные пути. Как правило, из главных путей переводы перекалывают в приемоотправочные, если износ их металлических частей не превышает допустимого для этих путей, а из приемоотправочных путей в сортировочные или другие (также при условии не превышения допустимой величины износа для соответствующих путей). Первая перекладка выполняется при износе стрелок 5 мм на главных путях при рельсах Р65 и установленных скоростях движения 121-140 км/ч, 6 мм при тех же рельсах и скоростях 120 км/ч и меньше, 6 мм при рельсах Р50 и тяжелее на главных путях при скоростях движения от 100 до 120 км/ч и также на приемоотправочных путях при тех же рельсах Р50 и тяжелее.

Перекладку переводов или совмещают с ремонтами путей с рельсами типа Р50 и Р65 или выполняют как отдельную работу. Экономически наиболее целесообразно назначать первую перекладку без разборки переводов для ремонта, когда по состоянию металлических частей и переводных брусьев возможна дальнейшая нормальная эксплуатация перевода. После первой перекладки переводы могут служить на малодеятельных приемоотправочных путях до достижения износа 8-10 мм. После этого переводы перекадываются в другие пути, где они работают до предельного износа 12 мм. В некоторых случаях перекадка переводов невозможна.

6.6. При этом реальные нормативные сроки службы стрелок и крестовин необходимо принимать по прогнозным расчетам, которые выполняются с учетом реальных существующих (или прогнозируемых) эксплуатационных условий.