

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОРТИРОВОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НАХОЖДЕНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПАРКАХ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

*Доктор технических наук, профессор В.Я. НЕГРЕЙ
Кандидат технических наук, доцент С.А. ПОЖИДАЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель*

*В.П. ЧАЕВСКИЙ, С.А. БОРЕЙКО
СЗАО «Электромеханический завод», г. Молодечно*

В рамках теории безопасности и дальнейшего развития методологического подхода к установлению таксонов опасности и их влияния на уровень безопасности перевозочного процесса при закреплении подвижного состава в парках станций в исследовании выполнен анализ факторов, приведших к сходу вагона в Центральном парке станции Барановичи-Центральные в результате выдавливания тормозных башмаков из-под колес первой тележки и последующего взреза стрелочных переводов по маршруту самопроизвольного движения.

Выдавливание (выжимание с вылетом) тормозных башмаков является следствием действия в сочетании нескольких неблагоприятных факторов (таксонов опасности).

К ним можно отнести следующие:

- отклонение геометрии участка пути парка станции, на котором укладываются тормозные башмаки, в плане и профиле;
- износ головки рельса, наличие дефектов головки рельса в месте движения юзом вагона с тормозными башмаками (накат, уступ, расплющивание, выработка и т.д.);

- вывешивание колес первой колесной пары тележки по ходу движения, под которые укладываются выбиваемые башмаки (вывешивание может происходить по причинам отклонения геометрии участка пути, разного уровня головок рельсов участка пути, наличия деформаций головки рельса, неравномерности загрузки груза в вагоне и др.);
- дефекты поверхности катания колеса;
- масляное загрязнение рельсов участка пути, колес вагона и башмаков;
- тип башмаков, износ и дефекты тормозных башмаков (сплющивание носка башмака, придание верхней поверхности уклона к его концу увеличивает вероятность выжимания башмака, нестандартные размеры башмака) или использование новых башмаков;
- проворот колесной пары на башмаках из-за недостаточного трения (сцепления) между верхней поверхностью колодки и носка башмаков и поверхностью катания колес колесной пары;
- погодные условия.



Направление движения

Выдавливание башмаков произошло в течение 1-1,5 с

Наиболее вероятными причинами выдавливания тормозных башмаков из-под первой колесной пары тележки по ходу движения вагона являются: *дефекты рельсов участка пути (расплющивание головки рельса) и отсутствие достаточного сцепления башмака с рельсом; наличие масляных загрязнений рельсов на данном участке пути; состояние тормозных башмаков.* Причем новые башмаки могут иметь худшие тормозные качества по сравнению с эксплуатируемыми. При наличии масляных загрязнений на поверхности рельсов тормозной эффект от башмаков снижается в 1,5 раза.



Сдвоенные башмаки, применяемые на сортировочной станции Лимматталь (Швейцария), одной из самых эффективных железнодорожных станций в Европе. Станция перерабатывает порядка 6000 вагонов в сутки

**СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО
СОСТАВА В ПАРКАХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ**



СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПАРКАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Для повышения безопасности технологических процессов целесообразно применение современных технических средств закрепления и удержания подвижного состава на парковых путях станций, позволяющих, во-первых, вывести работников, непосредственно связанных с движением поездов, из травмоопасной зоны; во-вторых, автоматизировать процесс закрепления составов и вагонов.

К ним относятся такие устройства, как упор тормозной стационарный «УТС-380» и его модификации УТС(1)-380, УТСП-380,, УТС-1-160 (УТС-380 эксплуатируются на станции Барановичи-Центральные), устройства закрепления составов УЗС-280, УЗС 86 Р (РК) системы Н.И. Пачеса, балочные заграждающие устройства различных типов, например, «БЗУ-ДУ», «БЗУ-ДУ-СП2К», фрикционно-рельсовое устройство нажимного действия АСУ-ЗР-65, закрепляющее устройство балочное рычажное «ЗУБР» для приемо-отправочных путей станций, устройство весовое удерживающее «УВУ», домкратовидные устройства закрепления и др.

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА



В нерабочем положении



В рабочем положении



Состав закреплен

Устройство УТС-380 в
парке станции
Екатеринбург -
Сортировочный
Холдинга «РЖД»

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА



Устройство закрепления
состава УЗС-86 Р
В нерабочем положении
для пропуска поездного
ЛОКОМОТИВА

Реализован способ
защемления шин с зубьями



Устройство закрепления
состава УзС-86



В рабочем положении
для закрепления состава

Закрепление состава поезда в парке станции Екатеринбург –
Сортировочный Холдинга «РЖД»

По проекту реконструкции четной сортировочной системы станции Екатеринбург-Сортировочный планировалась установка 68 комплектов устройств БЗУ-ДУ-СП2к

Сравнительные эксплуатационно-технические характеристики устройств УТС-380 и УЗС 86Р, УЗС-280

Характеристика	УТС-380	УЗС 86Р	УЗС-280
Удерживающее усилие, тс	20-30	40	25
Масса с электроприводом, т	0,51	2,1	0,75
Время закрепления (раскрепления), с	3	20-24	до 40
Расход электрической энергии на 1 срабатывание, Втч	0,2	1,6	0,3
Трудозатраты на обслуживание, чел.-ч/мес.	15	30	20*

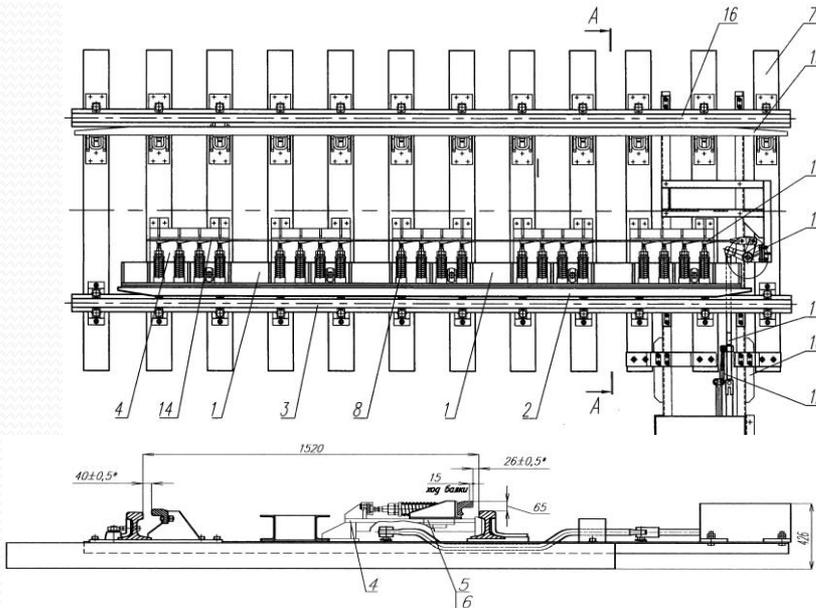
* -ориентировочно

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Балочное заграждающее устройство БЗУ-ДУ

Назначение БЗУ-ДУ

Устройство предназначено для торможения и удержания вагонов и отцепов с целью предотвращения несанкционированного выхода подвижного состава за пределы полезной длины сортировочных, приемо-отправочных, тракционных, подъездных и других путей. Тормозной механизм расположен на пяти основаниях вдоль одного рельса, вдоль другого рельса установлен контррельс. Устройство БЗУ-ДУ работает в интервале температур от -45 до $+55$ °С, относительной влажности не более 90 % при температуре не выше 30 °С. Устройство БЗУ-ДУ выполнено в виде однозвенной балочной конструкции, смонтированной на рельсошпальной решетке с деревянными шпалами.



Эксплуатационно-технические характеристики БЗУ-ДУ

Наименование характеристики	Параметр
Погашаемая энергетическая высота для вагона массой 80 т, м эн. в., не менее	0,3
Допустимая скорость входа вагона, м/с, не более	4,5
Масса устройства, включая рельсошпальную решетку, контррельс, раму с электроприводом, т, не более	3,5
Ширина колеи в пределах устройства, мм	
Габаритные размеры номинальные, мм:	
длина по рельсам	6250
длина по шинам	5500
ширина с электроприводом	3550
высота	360
Продолжительность срабатывания, с, не более	3
Возвышение над УГР (в рабочем и нерабочем положениях), мм	65

Балочное заграждающее устройство для сортировочных путей БЗУ-ДУ-СП2К



ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Балочное заграждающее устройство БЗУ-ДУ-СП2К



Устройство может применяться при формировании составов, удержании вагонов на погрузочных позициях, при накоплении порожних вагонов после разгрузки.

№	Наименование параметра	Разм.	Значение
2	Усилие нажатия тормозных шин, не более	тс	7,5
3	Усилие удержания на одну тележку вагона, не менее	т	3,5
4	Скорость входа вагонов в заторможенное устройство	км/ч (м/с)	5 (1,5)
6	Габаритные размеры (длина по шинам × ширина × высота), не более	мм	8000×4000×500
7	Время срабатывания, не более	с	30
8	Возвышение над УГР, не более	мм	100

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Балочное заграждающее устройство для сортировочных путей БЗУ-ДУ-СП2К



- устройство применяется для остановки и закрепления отцепов в процессе роспуска;
- устройство способно находиться как в заторможенном, так и в отторможенном состоянии на протяжении неограниченного количества времени (даже при отказе электропитания);
- устройство наиболее эффективно применяется на автоматизированных горках при реализации прицельного торможения отцепов;
- устройство обеспечивает прохождение маневровых локомотивов

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Балочное заграждающее устройство для сортировочных путей

БЗУ-ДУ-СП2К



- устройство оснащается пневматической обдувкой для борьбы со снегом как в ручном, так и в автоматическом режиме;
- устройство максимально унифицировано с напольным оборудованием, применяемым на сети дорог «1520 мм»;
- БЗУ-ДУ-СП2К в количестве опытной серии из 3-х устройств прошли опытную эксплуатацию на станции Бердяуш Южно-Уральской ж.д. Холдинга «РЖД», в настоящее время устройства эксплуатируются на сортировочной станции Челябинск-Главный

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Балочное заграждающее устройство для сортировочных путей

БЗУ-ДУ-СП2К



- устройство оснащается электрогидравлическим приводом;
- основные параметры устройства приведены в сравнительной таблице

	Наименование параметра	Размерность	БЗУ-ДУ-СП2К	ЗУБР
1	Удельная расчетная погашаемая энергетическая высота для вагона весом 80 т на 1 м длины по тормозным шинам, не менее (на вагон)	м эн. в.	0,02 (0,3)	0,02 (0,3)
2	Усилие нажатия тормозных шин, не более	тс (кН)	7,5 (75)	12 (120)
3	Усилие удержания, приходящееся на одну тележку вагона, не менее	тс (кН)	3,5 (35)	5-6 (50-60)
4	Рабочая скорость входа вагона в заторможенное устройство при формировании состава, не более	м/с	1,4	4,5
5	Масса отцепа, удерживаемого устройством на уклоне 0,005	т (кН)	1 000 (10 000)	1700* (17000)
6	Габаритные размеры, мм, не более	мм		
	длина по тормозным шинам		8000	8000
	ширина		4000	4000
	высота		500	500
7	Продолжительность срабатывания, не более	с	30	30
8	Возвышение над УГР в рабочем и нерабочем положениях, не более	мм	100	100

* - на уклоне 1,5 ‰ удерживается состав массой 5700 т, состоящий из 71 груженого вагона массой 80 т и длиной около 1000 м

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

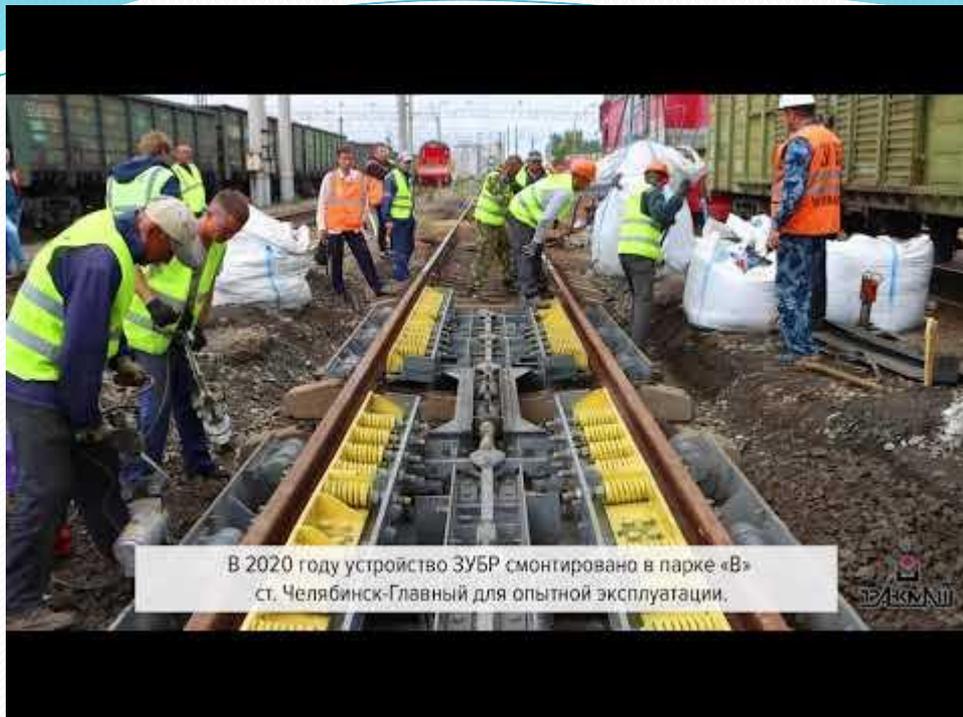
Закрепляющее устройство балочное рычажное ЗУБР



Закрепляющее устройство ЗУБР предназначено для закрепления составов на приёмоотправочных путях, где нет риска выдавливания лёгких вагонов при закреплении, что позволило повысить усилие удержания. Устройство развивает более 5тн. на одну ходовую тележку. В открытом положении тормозные балки отведены от ходовых рельсов и опущены, что обеспечивает свободный пропуск колес подвижного состава, включая маневровые и магистральные локомотивы и специальный подвижной состав без касания колёс. Применение заграждающих и закрепляющих устройств исключает необходимость нахождения людей в опасной зоне, что снижает риск травматизма, влияние человеческого фактора, расходы на содержание персонала и обеспечение требуемых условий труда. Благодаря системам дистанционного управления и контроля положения, устройства могут быть интегрированы в цифровую автоматизированную систему управления станцией.

№	Наименование параметра	Размерность	Значение
1	Усилие нажатия тормозных шин	тс (кН)	12,0 ± 2,0
2	Усилие удержания, приходящееся на одну тележку вагона, не менее	тс (кН)	5,0 (50)
3	Масса отцепа, удерживаемого устройством на уклоне 0,003	т (кН)	3 000 (30 000)
4	Габаритные размеры, мм, не более	мм	
	длина по тормозным шинам		8000
	ширина		4000
	высота		500
5	Время срабатывания, не более	с	30
6	Возвышение над УГР в рабочем и нерабочем положениях, не более	мм	65

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА



<https://youtu.be/snK-n2izFWc>

К новым и перспективным типам таких устройств относится удерживающее клещевидно-весовое гидравлическое устройство для приемо-оправочных и сортировочно-отправочных путей («УВУ»), разработанное Молодечненским электромеханическим заводом.

В настоящее время опытный образец устройства проходит эксплуатационные испытания на Белорусской железной дороге. Его конструктивная особенность заключается в том, что создаваемое усилие нажатия тормозных рельсов эквивалентно нагрузке колеса на ходовой рельс (до 150 кН), что позволяет предотвратить «выдавливание» колес вагонов из устройства при закреплении и обеспечить большее усилие удержания $F_{уд}$.

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

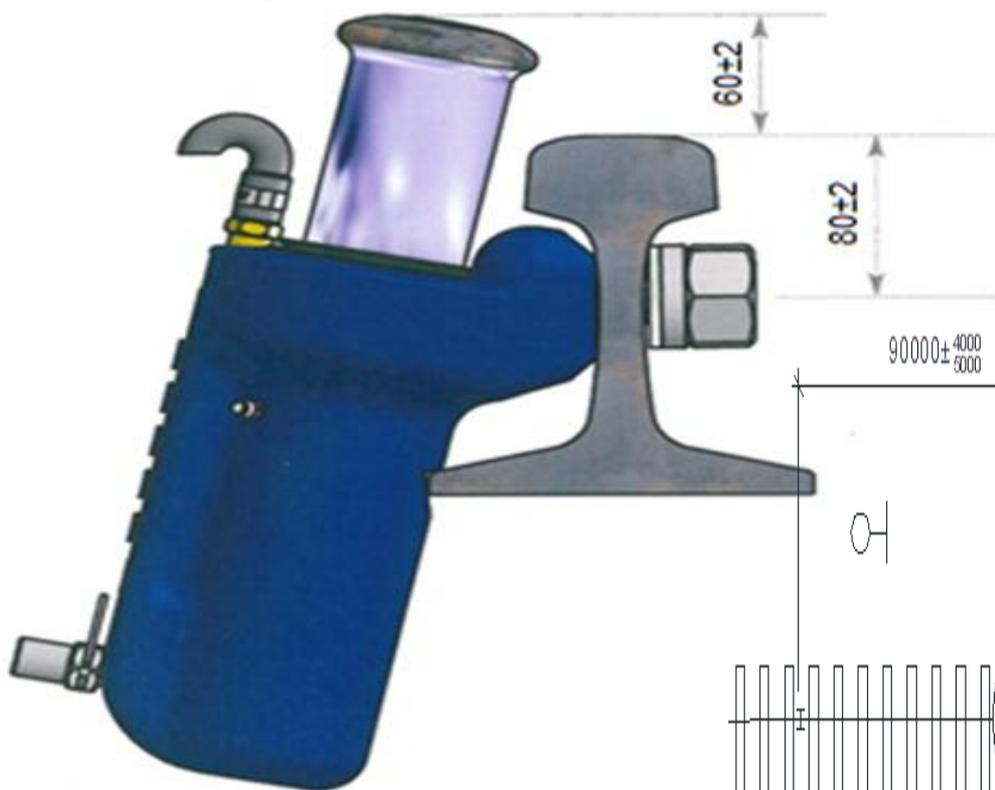
УДЕРЖИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ВЕСОВОЕ «УВУ» («МЭМЗ»)



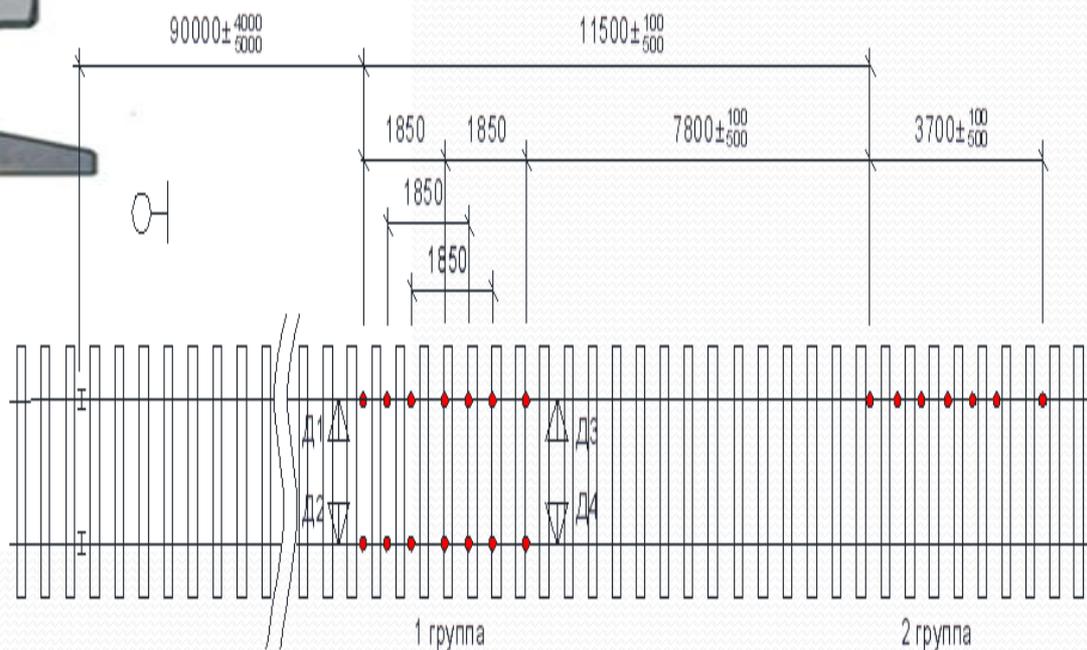
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАКРЕПЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА «УВУ»

№ п/п	Наименование параметра	Единицы измерения	Значение параметра
1	Скорость движения максимальная	км/ч	40
2	Скорость движения при закреплении	км/ч	5
3	Тип рельсов при установке на прямом участке с уклоном до 2,5 ‰	Р	Р65
4	Усилие нажатия тормозных рельсов на колеса 2-ухосной тележки под нагрузкой 60 т, не более	кН (тс)	150 (15)
5	Длина по ходовым рельсам	м	12,5
6	Длина по тормозным рельсам	м	12,0
7	Ширина без гидростанции	м	3,0
8	Высота в рабочем положении	м	0,6
9	Высота опускания ходовых рельсов	мм	55
10	Высота возвышения ходовых рельсов в положении «Открыто» над УГР основного пути, не более	мм	65
11	Продолжительность срабатывания УВУ (подъем или опускание) при давлении в гидросистеме 12 МПа	мин	1- 1,5
12	Срок службы, не менее	лет	15
13	Устройство технологического подогрева для очистки от снега		есть
14	Напряжение в цепи трехфазного переменного тока / мощность силовой цепи	В кВт	380 12
15	Напряжение питания цепей управления	В	24

Схема установки домкратовидных устройств закрепления на рельс марки Р65



Расстановка устройств
закрепления составов на путях
парка прибытия



Общий вид домкратовидных устройств закрепления, установленных в пути



Технические характеристики домкратовидного устройства закрепления J-4015

№ пп	Технические показатели	Размерность	Величина
1	Скорость блокирования	км/ч	>0
2	Конструктивная скорость	км/ч	30
3	Работа торможения	Дж	800
4	Сила горизонтального торможения	Н	≥8000
5	Высота монтажа	мм	60
6	Высота сверления	мм	80
7	Максимальный рабочий ход	мм	100
8	Температура окружающей среды	°С	-50°С+60°С
9	Масса	кг	14,5
10	Тип рельса		P65
11	Время возврата скользящего цилиндра в верхнее (рабочее) положение	с	10-15 регулируется на заводе-изготовителе
12	Ресурс работы до технического обслуживания – количество осей подвижного состава, прошедших через устройство J-4015	шт	не менее 1 млн.
13	Срок службы устройства J-4015	лет	15

ЗАГРАЖДАЮЩИЕ И ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

В ходе исследований, выполненных в БелГУТе, получено выражение для оценки потребного количества удерживающих устройств на одном пути парка K_3 в зависимости от фактических условий их размещения на пути сортировочных (сортировочно-отправочных) или приемо-отправочных парков:

- массы поезда $Q_{бр}$;
- усредненного уклона пути $i_{спр}$;
- сопротивления движению $F_{сопр}$;
- удерживающего усилия $F_{уд}$;
- удельного сопротивления движению w ,

где $w = w_{тр} + \bar{w}_{осн} + w_{кр} + w_{си} \pm \bar{w}_{св}$.

При неблагоприятных для удержания состава условиях $w_{кр} = 0$; $w_{си} = 0$, а $w_{тр}$ и $w_{осн}$ – минимальны; направление ветра совпадает с направлением уклона, поэтому $-w_{св}$ является дополнительной удельной движущей силой.

КОЛИЧЕСТВО УДЕРЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ОДНОМ ПУТИ ПАРКА СТАНЦИИ

$$K_3 = \frac{Q_{бр} g}{F_{уд} \cos(\arctg i_{спр})(1 + i_{спр}^2)/i_{спр}} - \frac{F_{сопр}}{F_{уд}} \quad \text{или} \quad K_3 \approx \frac{Q_{бр} g (i_{спр} - w) \cdot 10^{-3}}{F_{уд}}$$

Например, при $Q_{бр} = 4000$ т; $i_{спр} = 2,5$ ‰; $w = 1,0$ Н/кН и $F_{уд} = 60$ кН,

$K_3 = 1$ устройство «ЗУБР», которое может заменить установку на пути при тех же условиях 7–8 тормозных башмаков!

При $Q_{бр} = 10000$ т; $i_{спр} = 2,5$ ‰; $w = 1,0$ Н/кН и $F_{уд} = 60$ кН,
 $K_3 = 2,5$ или ≈ 3 устройства «ЗУБР» или 1 устройство «УВУ», которые могут заменить установку на пути при тех же условиях **16–17 тормозных башмаков!**

При $Q_{бр} = 10000$ т; $i_{спр} = 0,62$ ‰; $w = 0,5$ Н/кН и $F_{уд} = 60$ кН,
 $K_3 = 1$ устройство, которое может заменить установку на пути при тех же условиях **7 тормозных башмаков!**

ПРИМЕР РАСЧЕТА СУММАРНОГО УДЕРЖИВАЮЩЕГО УСИЛИЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СОСТАВА НА СТАНЦИОННОМ ПУТИ

- | | |
|---|--|
| 1 Полезная длина пути – 1840 м. | 7 Средняя температура в летний период (в долинах/плато) $12,9^\circ / 7,7^\circ$. |
| 2 Приведенный уклон – 0,62 ‰. | 8 Максимальная температура $31^\circ / 26^\circ$. |
| 3 Удельное сопротивление движению 0,5 Н/кН. | 9 Средняя скорость ветра 3,3 м/с / более 6 м/с. |
| 4 Масса брутто состава – до 10 000 т. | Порывы до 15 м/с. |
| 5 Груз – фосфатное сырьё. | 10 $w_{тр} = 1,02$ Н/кН при $P_o = 200$ кН; $w_{осн} = 0,5$ Н/кН; |
| 6 Станция погрузки – Апатиты. | $w_{кр} = 0$; $w_{си} = 0$; $w_{св} = -1,33$ Н/кН. |

$$K_3 F_{уд} \approx Q_{бр} g (i_{спр} - w) \cdot 10^{-3};$$

$$K_3 F_{уд} \approx 10000 \cdot 9,81 [0,62 - (0,5 + 1,02 - 1,33)] \cdot 10^{-3} \approx 43 \text{ кН.}$$

Так, при одном устройстве требуемое удерживающее усилие $F_{уд} = 43$ кН (4,3 тс).

При $i_{спр} = 1,5$ ‰ $F_{уд} = 131$ кН (13,1 тс); $i_{спр} = 2,5$ ‰ $F_{уд} = 231$ кН (23,1 тс).

Во всех рассмотренных случаях достаточно установки **1-го устройства «УВУ»** или до **4-х устройств «ЗУБР»**.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ

1 Удельная расчетная **погашаемая энергетическая высота** для вагона массой 80 т на один метр длины или на вагон

$$H_{\tau} = \frac{f l_{\text{б}} P_{\text{o}}}{Q_{\text{бр}}} \quad \text{или} \quad H_{\tau} = \frac{\mu l_{\text{б}} F_{\text{уд}}}{Q_{\text{бр}}}.$$

f – коэффициент тормозного действия, $f \approx 0,2$;

μ – коэффициент трения скольжения;

P_{o} – нагрузка на ось, Н;

$l_{\text{б}}$ – длина тормозной шины, м.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ВЫСОТА (М ЭН. В.) – ВЫСОТА, ЭКВИВАЛЕНТНАЯ УДЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СИЛЫ (ДВИЖУЩЕЙ, СОПРОТИВЛЕНИЯ, УДЕРЖИВАЮЩЕЙ, ТОРМОЖЕНИЯ) ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ОТЦЕПА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ В ЛЮБОМ НАПРАВЛЕНИИ, Т. Е.

$$H_{\text{ЭН}} = A_{\text{уд}} \cdot 10^{-3}, \text{ м ЭН. В.}$$

2 **Усилие удержания**, приходящееся на одну тележку вагона при заданном усилии нажатия тормозных шин $F_{\text{н}}$

$$F_{\text{уд}} = \mu F_{\text{н}}.$$

3 **Масса отцепа**, удерживаемого одним устройством на уклоне 0,005 (5 ‰)

$$Q_{\text{бр}} \approx F_{\text{уд}} \cdot 10^3 / g (i_{\text{спр}} - w).$$

В соответствии с условиями предыдущего примера $Q_{\text{бр}} = 400 \cdot 10^3 / [9,81(5 - 1,02 - 0,5 + 1,33)] = 8300 \text{ т.}$



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!