

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре
и подвижному составу 1-3 октября 2019 г.,
Комитет ОСЖД (Республика Польша, г. Варшава)

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре
и подвижному составу 5-7 ноября 2019 г.,
Комитет ОСЖД (Республика Польша, г. Варшава)

Дата вступления в силу: 7 ноября 2019 г.

P 532

**КРЭШ-ЭЛЕМЕНТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ
ЧАСТЬ 1: ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Нормативные ссылки	3
3. Термины и определения	4
4. Общие принципы	4
5. Сценарии столкновений	5
6. Требования к крэш-системе	6
7. Требования к крэш-элементам	6
8. Требования к путеочистителям.....	9
9. Общие требования к проведению испытаний крэш-элементов	10
Приложение А Параметры препятствий при моделировании столкновений по сценариям 1	13
Приложение Б Параметры препятствий при моделировании столкновений по сценариям 2	15

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Данная Памятка «Крэш-система, крэш-элементы железнодорожного подвижного состава. Технические требования и испытания» составляется из трёх частей:

Часть 1: Общие требования;

Часть 2: Локомотивы;

Часть 3: Вагоны пассажирские.

1.2. Первая часть Памятки ХХХ содержит общие требования к крэш-системам железнодорожного подвижного состава в области технических принципов, проведения испытаний, сценариев столкновений, математического моделирования, оценки результатов.

1.3. Настоящая Памятка определяет технические, необходимые средства ограничения последствий аварийных столкновений железнодорожного подвижного состава путем применения аварийных устройств поглощения энергии (крэш-систем), имеющих умноженные возможности поглощения энергии удара, чем стандартные тягово-ударные устройства.

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1. Ниже привлечены стандарты устанавливающие требования, необходимые для расчетов и проектирования элементов крэш-систем для отдельных видов единиц железнодорожного подвижного состава:

ГОСТ 32410-2014 Аварийные крэш-системы железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля;

- EN 12663-1, Railway applications – Structural requirements of railway vehicles bodies – Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons);

- EN 15227, Railway applications – Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies;

- EN 15551, Railway applications – Railway rolling stock – Buffers.

2.2. При применении данной Памятки необходимо использовать международные и национальные стандарты участниц железных дорог 1520 мм и 1435 мм.

3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

3.1. Крэш-система: Устройство железнодорожного подвижного состава, направленное на снижение риска травмирования пассажиров и обслуживающего персонала поезда, в случае его столкновения с препятствием, путем уменьшения ускорений его единиц за счет поглощения кинетической энергии объектов аварийного столкновения, не являющееся элементом несущей конструкции.

3.2. Крэш-элемент: Съёмное устройство на подвижном составе, предназначенное для поглощения энергии удара при аварийном столкновении.

3.3. Препятствие: Объект на пути следования железнодорожного подвижного состава, создающий угрозу аварийного столкновения.

3.4. Система пассивной безопасности: Совокупность специальных устройств и технических решений в конструкции железнодорожного подвижного состава для повышения пассивной безопасности в случае аварийного столкновения.

3.5. Сценарий столкновения: Расчетный случай аварийного столкновения, при котором выполняется проверка требований к аварийной крэш-системе, характеризуемый совокупностью условий столкновения.

3.6. Ударопрочность: Способность для смягчения последствий столкновения запрограммированным и контролируемым способом для уменьшения рисков травмирования пассажиров и персонала единицы подвижного состава.

4. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

4.1. Крэш-система является составной частью системы пассивной безопасности подвижного состава.

4.2. Места крепления элементов крэш-систем к кузовам единиц подвижного состава должны проектироваться по стандартам вышеупомянутых в пункте 2.

4.3. В состав системы пассивной безопасности подвижного состава могут входить следующие специальные устройства и технические решения:

- крэш-система, состоящая из одного или нескольких элементов поглощения энергии;

- технические решения в конструкции сцепных (автосцепных) устройств, предусматривающие (в случае превышения при аварийном столкновении осевыми силами, приложенными к устройству, заданного порогового значения) удаление сцепного устройства назад или в ином направлении для эффективного задействования элементов крэш-системы;

- устройства защиты от напоздания вагонов друг на друга при аварийном столкновении;

- поглощающие аппараты (неразрываемые) лобовых и межвагонных сцепных устройств;

- буферные устройства;

- путеочиститель;

- компоновочные решения в конструкции единиц подвижного состава с учетом размещения составных частей системы пассивной безопасности;

- конструктивное исполнение кузовов единиц подвижного состава, обеспечивающее при аварийном столкновении отсутствие остаточных деформаций пассажирского салона и кабины управления и прочность мест крепления устройств системы пассивной безопасности и внутреннего оборудования;

- элементы защиты кабины машиниста (пространство для выживания);

- элементы внутреннего оборудования и интерьера, выполненные с учетом снижения опасности нанесения травм при аварийном столкновении.

4.4. Крэш-система при аварийном столкновении подвижного состава с препятствием должна решать следующие задачи:

- поглощение энергии столкновения контролируемым способом;

- предотвращать деформации пространств в единицах подвижного состава, предназначенных для пассажиров и обслуживающего персонала;

- ограничивать абсолютные величины продольных ускорений единиц подвижного состава;

- снижать нагрузки на несущую конструкцию кузова и узлы крепления кузовного оборудования;

- снижать риски напоздания друг на друга единиц подвижного состава;

- снижать риски схода с рельсов подвижного состава и последствия возникновения непроходимости пути.

5. СЦЕНАРИИ СТОЛКНОВЕНИЙ

5.1. Сценарии столкновения разработаны на основании статистических анализов аварий происшедших на железных дорогах Европы и стран СНГ.

5.2. Сценарии столкновений характеризуются совокупностью условий аварийного столкновения подвижного состава с препятствием (значениями масс, начальных скоростей и другими параметрами объектов столкновения).

5.3. Для определения силовых и энергетических характеристик устройств крэш-системы приняты следующие сценарии столкновений:

- сценарий 1а моделирует аварийное столкновение единообразных единиц подвижного состава (только на колеях 1435 мм);

- сценарий 1б моделирует аварийное столкновение с грузовым вагоном массой 80 т;

- сценарий 2 моделирует аварийное столкновение на железнодорожном переезде с автомобилем (или другой машиной) массой 15 т на колеях 1435 мм и 10 т колеях 1520 мм.

5.4. Движение единиц подвижного состава при расчете аварийного столкновения принимают горизонтальным и прямолинейным. Поглощающие аппараты сцепных устройств единиц состава должны быть в нейтральном положении. Силы сопротивления, действующие на единицы подвижного состава и препятствие со стороны железнодорожного пути, отсутствуют. В начальный момент аварийного столкновения все единицы подвижного состава имеют одинаковую скорость.

5.5. При назначении массовых характеристик единиц подвижного состава участвующих в сценариях столкновений, считают, что единицы подвижного состава находятся в снаряженном состоянии, массы пассажиров, число которых принимают:

- для моторвагонного подвижного состава и пассажирских вагонов межобластного (местного) сообщения, исходя из заполнения 50 % числа мест для сидения;

- для пассажирских вагонов дальнего сообщения, исходя из заполнения 50 % числа мест для пассажиров, предусмотренных техническим заданием на вагон.

Массу каждого человека принимают равной 70 кг.

6. ТРЕБОВАНИЯ К КРЭШ-СИСТЕМЕ

Крэш-система при столкновении с препятствием должна обеспечивать среднее значение продольного ускорения единиц подвижного состава не более 50 м/с^2 . Определение среднего значения продольного ускорения единицы подвижного состава выполняют в середине кузова на уровне пола.

7. ТРЕБОВАНИЯ К КРЭШ- ЭЛЕМЕНТАМ

7.1. Крэш-элементы должны быть устройствами постоянной готовности, не требующими дополнительных команд для их срабатывания при аварийном столкновении.

7.2. Крэш-элементы должны срабатывать только при аварийном столкновении и не допускать срабатываний при штатной эксплуатации подвижного состава.

7.3. Крэш-элементы следует размещать:

- у локомотивов – в концевых частях локомотива;
- на пассажирских вагонах (при необходимости) – в консольных частях пассажирских вагонов;
- на моторвагонном подвижном составе и сочлененных поездах – на лобовых частях головных вагонов и между вагонами (при необходимости).

7.4. Предварительный выбор основных характеристик крэш-элементов на этапе проектирования крэш-системы осуществляют расчетным способом на основе суммарной энергоемкости (U) всех устройств крэш-системы, которые должны задействовать при аварийном столкновении подвижного состава с препятствием согласно сценариям столкновений. Значение U определяют по нижеуказанной формуле:

$$U = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} \frac{V_1^2}{2} \quad (1)$$

где: M_1 – масса подвижного состава, M_2 – масса препятствия, V_1 – относительная скорость единиц подвижного состава согласно сценариям столкновения,

с учетом ограничения по средним продольным ускорениям по пункту 6.1 в установленных сценариях столкновений (см. раздел 5) и с учетом следующих допущений:

- рассматривают единицы подвижного состава как абсолютно твердые тела;
- считают, что энергию удара поглощают крэш-элементы, размещенные в передней части головной единицы подвижного состава;
- рассматривают удар как абсолютно неупругий;
- среди значений U , полученных для разных сценариев, для проектирования выбирают наибольшие из них.

7.5. Значение U , полученное по формуле (1), используют при разработке конкретных конструкций и схемы размещения нескольких крэш-элементов на подвижном составе, а также при планировании распределения энергии поглощения между отдельными элементами крэш-системы. Значение U должно быть обеспечено совместным действием крэш-элементов, участвующих в поглощении энергии аварийного столкновения по каждому из сценариев столкновений.

7.6. Для локомотива в каждой концевой части должны быть размещены крэш-элементы с суммарной энергоемкостью не менее значения U определенного по формуле (1) п. 7.4. При этом допускается для обеспечения суммарной энергоемкости и учитывать энергоемкость поглощающих аппаратов сцепных устройств.

7.7. При разработке крэш-элементов пассажирских вагонов расчет суммарной энергоемкости всех задействованных при крэш-элементах выполняют по формуле (1) п. 7.4 для эталонного состава поезда, определенного в

Приложении Б. Общая энергоемкость всех размещенных на пассажирском вагоне крэш-элементов должна быть не менее $1/12$ суммарной энергоемкости, вычисленной по формуле (1) п. 7.4

7.8. Для моторвагонного подвижного состава распределение суммарной энергоемкости между отдельными крэш-элементами выполняют так, чтобы не менее $2/3$ суммарной энергоемкости U вычисленной по формуле (1) п. 7.4, приходилось на крэш-элементы, размещенные в передней части головной единицы подвижного состава. Крэш-элементов с указанной энергоемкостью должны быть размещены на лобовых частях головных единиц с двух сторон состава. Значение суммарной энергоемкости и за вычетом энергоемкости крэш-элементов, размещенных в лобовой части головной единицы подвижного состава, распределяют между крэш-элементами, размещенными в межвагонных связях не более, чем первых четырех единиц подвижного состава.

7.9. При проектировании конструкции крэш-элементов с целью снижения усилий, действующих на кузова единиц подвижного состава при аварийном столкновении, целесообразно реализовать максимально возможную по конструктивным условиям длину деформирования крэш-элементов.

7.10. При аварийных столкновениях по сценариям столкновений рекомендуется обеспечить следующую очередность задействования крэш-элементов, учитывая последовательный рост значений сил срабатывания крэш-элементов;

- разрушаемые элементы с механизмом необратимого поглощения энергии (при их наличии) сцепных (автосцепных) устройств в передней части головной единицы подвижного состава;

- крэш-элементы, размещенные в передней части головной единицы подвижного состава, исключая разрушаемые элементы с механизмом необратимого поглощения энергии (при их наличии) сцепных (автосцепных) устройств;

- крэш-элементы, размещенные в межвагонных соединениях.

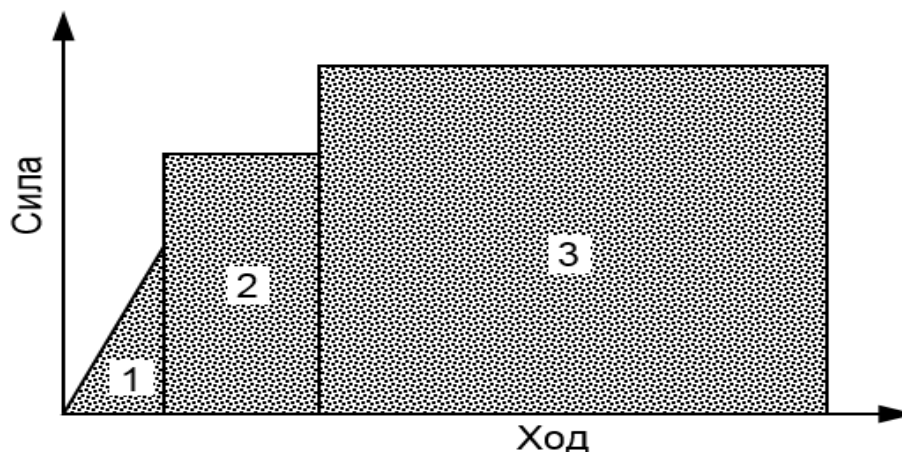


Рисунок 1. Общий принцип работы крэш-элементов

Где, 1 – энергия поглощена поглощающим аппаратом (буферным комплектом), 2 – энергия поглощена крэш-элементами, связанными со сцепкой (буферным комплектом), 3 – энергия поглощена основными крэш-элементами.

8. ТРЕБОВАНИЯ К ПУТЕОЧИСТИТЕЛЯМ

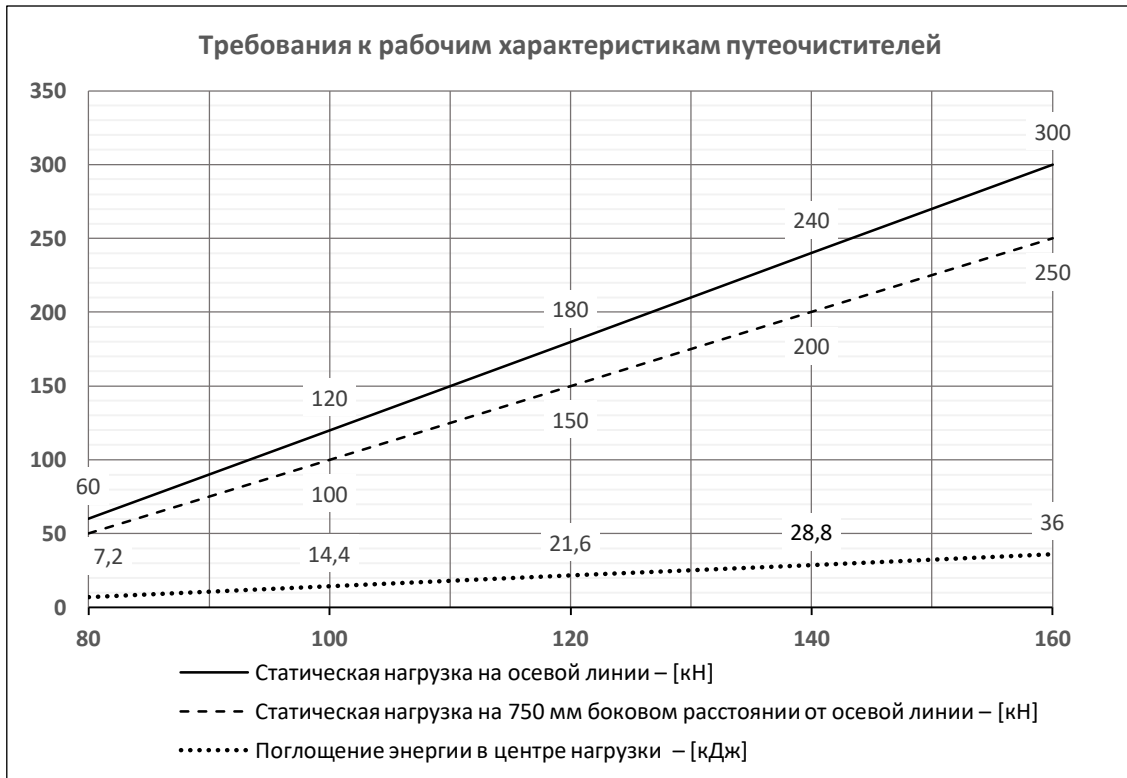
8.1. Лобовые части (по направлению движения) поездов должны быть оборудованы путеочистителями, которые также являются элементами системы пассивной безопасности.

8.1.1. Механические свойства путеочистителей в зависимости от скорости подвижного состава приведены в Таблице 1 и на Диаграмме 1.

Таблица 1

Требования к рабочим характеристикам путеочистителей

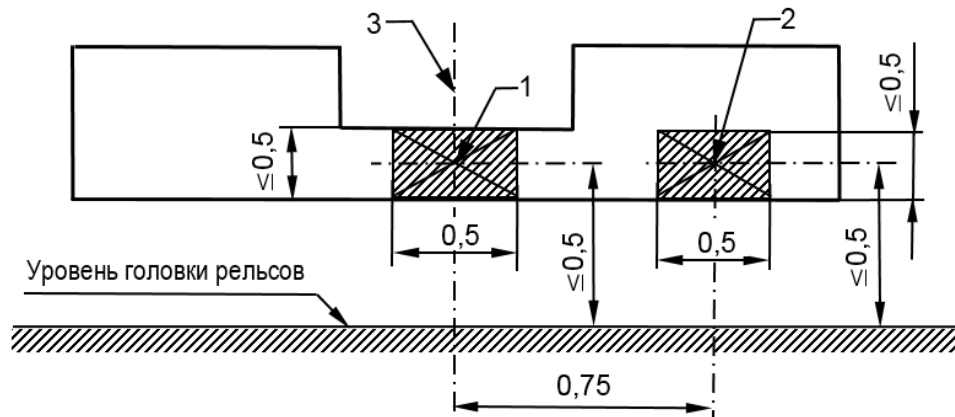
Эксплуатационная скорость, км/ч	160	140	120	100	80
Статическая нагрузка на осевой линии – кН	300	240	180	120	60
Статическая нагрузка на 750 мм боковом расстоянии от осевой линии – кН	250	200	150	100	50
Требования к перегрузке					
Пример: Доказательство с поглощенной энергией в центре нагрузки – кДж	36,0	28,8	21,6	14,4	7,2
Замечания: 1. Для эксплуатационной скорости, отличающейся от заданной величины, величина силы может быть линейно интерполированной.					



Замечания: Для эксплуатационной скорости, отличающейся от заданной величины, величины сил могут быть линейно интерполированными.

Диаграмма 1. Требования к рабочим характеристикам путеочистителей

[Ссылка находится в разделе 2 «Нормативные ссылки».](#)



вид спереди – проекция нагруженной площади $\leq 0,25 \text{ м}^2$

Рисунок 2. Места приложения нагрузки при испытаниях путеочистителей.

где: 1 – место приложения центральной силы, 2 – место приложения боковой силы, 3 – пространство для сцепки.

8.1.2. Когда путеочиститель загружается за пределы статических требований, он не должен деформироваться таким образом, что он отделяется или сам

становится опасным. Это можно показать, например, путем демонстрации, что путеочиститель может поглотить величины энергии, приведенные в Таблице 1 и на Диаграмме 1 для прикладной продольной центральной нагрузки как показано на Рисунке 2. Путеочиститель должен оставаться в стороне от пути и других местных особенностей инфраструктуры при деформации под нагрузкой, в мере, требуемой настоящим документом.

9. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ КРЭШ-ЭЛЕМЕНТОВ

9.1. Испытания крэш-элементов.

9.1.1. Контроль соответствия энергетических и силовых показателей крэш-элементов требованиям по 7.7÷7.12, осуществляют при проведении испытаний крэш-элементов, в которых реализуют необратимое деформирование крэш-элементов при ударном нагружении в режиме, соответствующем требуемому энергопоглощению.

Могут проводиться следующие виды испытаний крэш-элементов:

- испытания со штатной установкой крэш-элементов на подвижном составе;
- испытания с установкой крэш-элементов на макеты единиц подвижного состава;
- автономные испытания отдельных крэш-элементов.

9.1.2. Допускается проведение одного или нескольких видов испытаний крэш-элементов.

9.1.3. При установке различных типов крэш-элементов на подвижном составе испытаниям подвергают все типы крэш-элементов.

9.1.4. При испытаниях регистрируют время нарастания сил, действующих на крэш-элементы по оси нагружения, и изменение линейных размеров крэш-элементов, возникающие вследствие действия этих сил. Частота дискретизации регистрируемых процессов должна быть не менее 1000 Гц.

9.1.5. Зарегистрированные при испытаниях крэш-элементов временные процессы сил и изменений линейных размеров используют для определения:

- диаграммы деформирования крэш-элементов;
- длины рабочего участка диаграммы деформирования крэш-элементов;
- среднего значения осевой силы, приложенной к крэш-элементам.

9.1.6. Процессы деформирования крэш-элементов регистрируют путем видеосъемки с помощью высокоскоростных цифровых видеокамер со скоростью съемки не менее 500 кадр/с.

9.2. Математическое моделирование работы крэш-элементов.

9.2.1. Математическую модель крэш-элементов признают адекватной, если:

- расчетные и экспериментальные значения поглощенной крэш-элементами отличаются друг от друга не более чем на 10 %;
- расчетные и экспериментальные значения длины рабочего участка диаграммы деформирования крэш-элементов отличаются друг от друга не более чем на 10 %;
- средние значения осевой силы, приложенной к крэш-элементами, полученные в расчетах и в испытаниях, отличаются друг от друга не более чем на 10 %;
- характер деформирования крэш-элементов, полученный при испытаниях соответствует характеру деформирования крэш-элементов; полученному в результате проведенных расчетов.

9.2.2. Выполнения требований к крэш-системе по 6.1, 6.2 осуществляют с помощью численного моделирования динамических процессов в подвижном составе при его аварийном столкновении с препятствием согласно принятым сценариям столкновения с использованием математических моделей крэш-элементов, признанных адекватными (см. 9.2.1).

9.2.3. Для каждого крэш-элемента в отдельности разрабатывают математические модели, предназначенные для включения в общую модель аварийного столкновения подвижного состава с препятствием, используемую при проведении расчетного контроля по 9.2.2 выполнения требований по 6.1, 6.2 к крэш-системам в целом.

9.2.4. В математических моделях крэш-элементов учитывают нелинейные характеристики материалов и конструкций, возможность крэш-элементов значительно изменять под нагрузкой свою конфигурацию, контактное взаимодействие отдельных частей конструкции.

9.2.5. С использованием разработанной математической модели осуществляют компьютерное моделирование процессов деформирования крэш-элементов в режимах, эквивалентных условиям проведения испытаний.

9.2.6. При расчетном контроле выполнения требований к крэш-элементам по 6.1, 2.2 разрабатывают общую математическую модель аварийного столкновения подвижного состава с препятствием, в которой учитывают:

- жесткостные и массовые характеристики единиц подвижного состава на основе трехмерного представления несущих конструкций кузовов единиц подвижного состава и тележек;
- нелинейные характеристики сцепных устройств, включая поглощающие аппараты;
- нелинейные характеристики крэш-элементов (нелинейные свойства материалов, перемещения и деформации в системе, контактное взаимодействие элементов конструкций);

- размещение крэш-элементов на единицах подвижного состава (включая конкретное расположение устройств поглощения энергии крэш-элементов на единицах подвижного состава) и распределение энергопоглощения между отдельными крэш-элементами.

9.2.7. Допускается единицы подвижного состава, следующие за головной единицей подвижного состава, моделировать в общей динамической модели упрощенно с одномерным представлением кузовов этих единиц подвижного состава. В этом случае в одномерных моделях кузовов единиц подвижного состава, следующих за головной, учитывают:

- продольные жесткости кузовов;
- жесткости сцепных устройств;
- нелинейные свойства поглощающих аппаратов сцепных устройств;
- жесткостные характеристики устройств поглощения энергии.

9.2.8. Модуль кабины головной единицы подвижного состава, крэш-элементы в передней части головной единицы подвижного состава и узлы крепления устройств поглощения энергии на кузове в расчетной динамической модели подвижного состава должны быть отражены подробно (с трехмерным моделированием основных несущих элементов конструкции).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Параметры препятствий при моделировании столкновений по сценариям 1

А.1 На железных дорогах с шириной колеи 1435 мм предусматривается два варианта препятствий моделирующие: грузовой вагон с буферами (Рисунок А1) и вагон с автосцепкой (Рисунок А2).

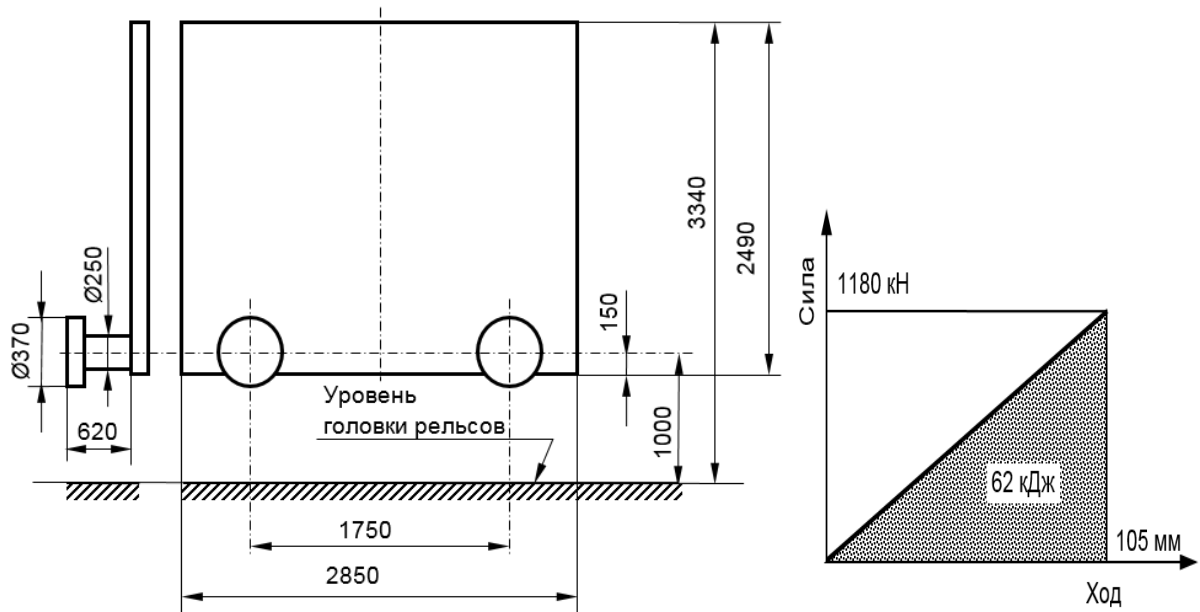


Рисунок А1. Геометрия грузового вагона массой 80 т с боковыми буферами и силовая характеристика двух буферов по стандарту EN 15227

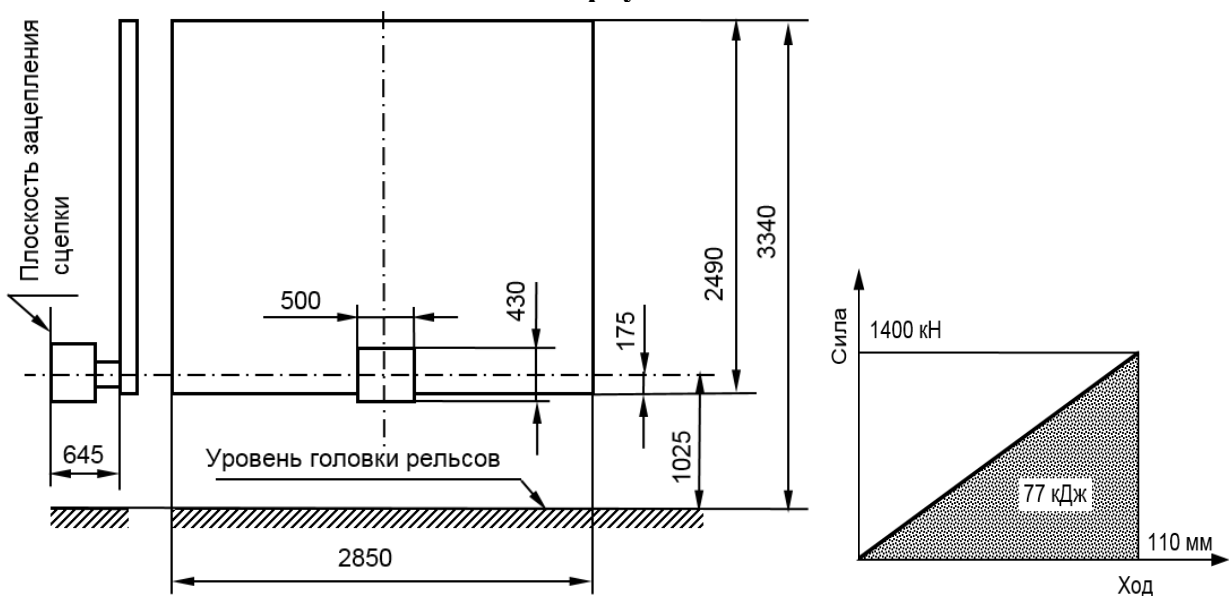


Рисунок А2. Геометрия грузового вагона массой 80 т с центральной сцепкой и силовая характеристика поглощающего аппарата по стандарту EN 15227.

A2. Препятствие моделирующее грузовой вагон на железных дорогах с шириной колеи 1520 мм представляет Рисунок А3

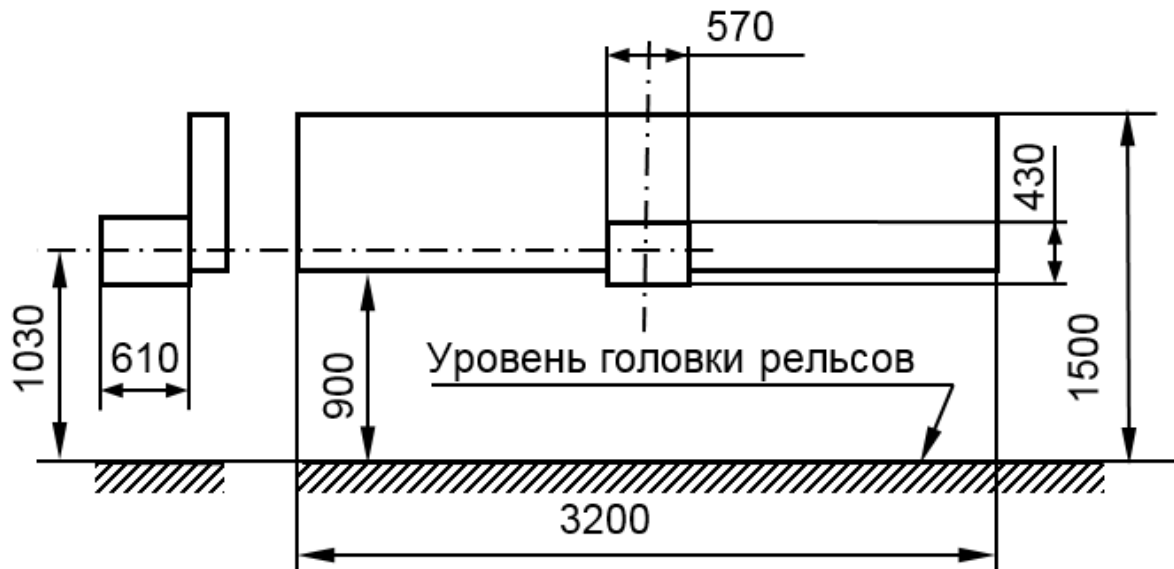


Рисунок А3. Геометрия препятствия массой 80 т – грузовой вагон оборудован автоматической сцепкой (без буферов) по ГОСТу 32410-2014.

A3. Препятствие по Рисунку А3 следует считать характеристику абсолютно твердым телом, допускающим свободное перемещение только в направлении оси движения поезда.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б**Параметры препятствий
при моделировании столкновений по сценариям 2**

Б.1 Размеры и характеристика жесткости препятствия моделирующего грузовую машину на железных дорогах с шириной колеи 1435 мм

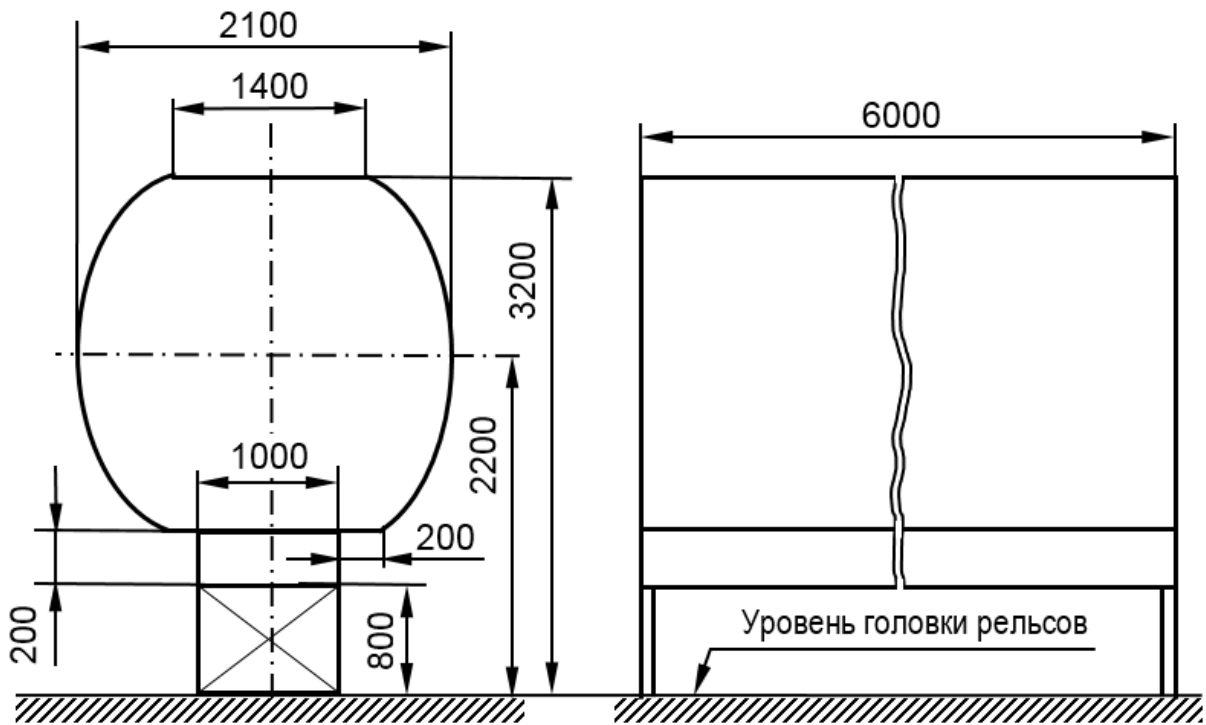


Рисунок Б1. Геометрия препятствия массой 15 т

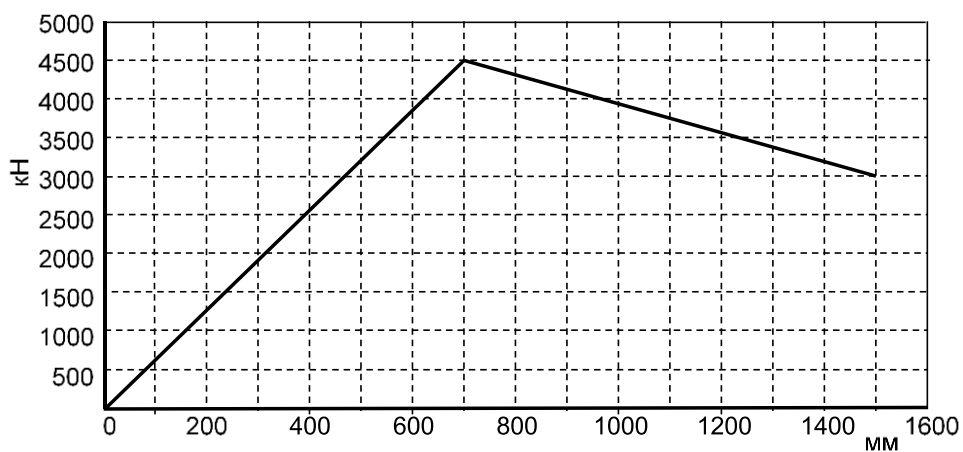


Рисунок Б2. Характеристика жесткости препятствия по стандарту EN 15227

Б.2 Размеры препятствия, моделирующего грузовую машину на железных дорогах колеи 1520 мм.

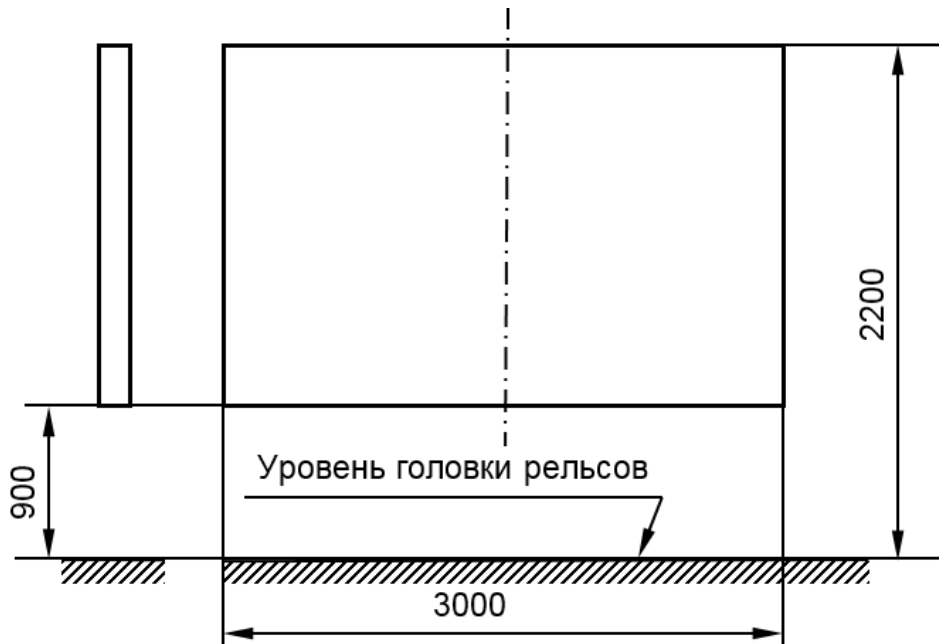


Рисунок Б3. Геометрия препятствия массой 10 т по стандарту ГОСТ 32410-2014

Б.3 Препятствие по Рисунку Б3 следует считать абсолютно твердым телом, допускающим свободное перемещение только в направлении оси движения поезда.