

ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК: 656.2+73.29.17

К ВОПРОСАМ О БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Ю.С. Лапшин

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, вул.
Урицького, 35, 03035, Київ, deabgd@mail.ru

Предложение о создании системы компьютерной обработки информации, поступающей от установленных на вагонах инерционных датчиков, с целью контроля и диагностики пути и вагонов. Определение критической для безопасности вагонов скорости ветра. *Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, жесткость пути, ветровая нагрузка.

До питань безпеки перевезень залізничним транспортом. Ю.С. Лапшин. Запропоновано здійснення системи комп'ютерної обробки інформації, яка надходить від встановлених на вагонах інерційних датчиків, з метою контролю та діагностики путі і вагонів. Визначення критичної для безпеки вагонів швидкості вітру. *Ключові слова:* залізничний транспорт, жорсткість шляху, вітрове навантаження.

By safety Rail. Y.S. Lapshin. The proposal to establish a system of computer processing of information from installed on cars of inertial sensors to monitor and diagnose paths and cars. Determination of the critical safety cars wind speed. *Keywords:* railway, road rigidity, wind load.

Введение.

В настоящее время большое внимание во всем Мире уделяется разработке и совершенствованию средств неразрушающего контроля и диагностики железнодорожного пути. Так, группа компаний ТВЕМА (Россия), которая входит в число основных поставщиков такого оборудования не только в своей стране, но и за рубежом, предлагает для хозяйства путей и сооружений комплексы:

- контроля и оценки геометрических параметров пути;
- бесконтактного скоростного контроля геометрических параметров рельсов;
- скоростной дефектоскопии рельсов;
- скоростного визуального обнаружения дефектов;
- скоростного георадиолокационного контроля земляного полотна;
- скоростного контроля габаритов приближения строений [1]. Анало-

гичные разработки выполняются и другими предприятиями, например, немецкой фирмой DB Systemtechnik. Как правило, это оборудование смонтировано на средствах передвижения. Украина приобрела и имеет в своем распоряжении несколько компьютеризированных вагонов-лабораторий данного типа – это путеизмерительная машина КВЛ (Производители – ЗАО НПЦ Инфотранс, Россия, г. Самара).

Для Украины надежность работы железнодорожного транспорта имеет особенно большое значение. Это связано с необходимостью (в недалеком будущем) транспортировки ядерных отходов, которые в настоящее время накапливаются и хранятся (в нарушение норм) не в хранилищах, рассчитанных на продолжительные сроки хранения, а при АЭС, в контейнерах-временках. Кроме того Украина – транзитная страна, которая помнит, какие последствия для окружающей среды были в 2008 году, когда на ее территории опрокинулись вагоны, перевозившие опасные вещества из Казхстана в Европу.

Итак, сопутствующая техника в Украине, как и профессионализм обслуживающего персонала, – на высоком современном уровне. А инциденты с вагонами продолжают. Так, 28.10.12 во время движения (к счастью, с малой скоростью) опрокинулись два вагона пассажирского поезда №28. В чем же дело?

Причины аварий

Причины аварий можно условно разделить на два класса:

- независимые от Человека;
- по вине Человека.

К первому классу следует отнести все стихийные, непредсказуемые факторы. Например, оползень, землетрясение, падение метеорита, вмешательство маньяка или террориста.

Во второй класс войдут причины, вызванные человеческим фактором: нарушение служебных обязанностей, в том числе и причины, обусловленные слабым знанием нормативов и правил. Ошибки в составлении нормативов и правил. Ошибки, допущенные в процессе выполнения разведывательных или проектных работ. Ошибки при изготовлении или строительстве объектов. Ошибки, допущенные при эксплуатации объектов. Ошибки, вызванные слабой изученностью свойств среды и явлений, в которых будет эксплуатироваться железная дорога. И особое место среди причин аварий второго класса следует выделить для инцидентов, которые происходят от несовершенства техники и технологий, созданных Человеком. Наиболее яркие случаи этих аварий демонстрируют транспорт и медицина. Например, при проведении обследования компьютер томографа заиклился (случай во Франции). В результате десятки пациентов получили смертельную дозу облучения. В транспорте – это Титаник, на котором отсутствовали созданные позже средства управления расхождением корабля с плавающими объектами.

Формулировка задач

Прежде всего, это повышение точности определения значения динамической жесткости пути (этот показатель не определяется с требуемой точностью перечисленными вы-

ше средствами диагностики). А более точное определение этой величины позволит повысить показатели безопасности перевозок. Второй вопрос – это определение критической ветровой нагрузки на вагоны, знание которой будет способствовать выбору правильного режима эксплуатации подвижных средств.

Натурное определение жесткости пути

Для решения данной задачи предлагается – к одной из тележек вагона жестко прикрепить три взаимно перпендикулярно расположенных трубки. Каждая трубка заполнена жидкостью. Трубки герметично и жестко закрыты пробками (резьбовое соединение с уплотняющей прокладкой). К пробкам прикреплены малоинерционные датчики, измеряющие возле пробок давление жидкости и ее температуру. Информация от датчиков поступает в компьютер в цифровом виде. Ориентация трубок относительно тележки, размещенной горизонтально, такова: две трубки находятся в горизонтальной плоскости, причем одна из них – параллельна рельсовым нитям. Фактически, данная система будет измерять величину ускорения движения. Компьютерная обработка поступившей от датчиков информации даст ответ на вопросы о динамической жесткости пути. А размещение и ввод в работу комплекса таких датчиков позволит получить информацию о колебаниях тележек и кузова, что приведет к получению большого объема информации не только о состоянии пути, но и о состоянии вагона.

Определение критической ветровой нагрузки

Расчету воздействия на вагон и прогнозированию ветровой нагрузки следует уделить особое внимание, поскольку зарегистрированы многочисленные случаи транспортных катастроф, вызванных именно этой причиной. Так в Узбекистане имели место случаи, когда ветер сметал с дороги груженые грузовые автомашины. В Великобритании ураганный ветер сбросил железнодорожный состав вместе с фермами моста, по которым проходил этот поезд. В настоящее время ураганы достаточно хорошо прогнозируемы. И целесообразно вводить коррективы в расписание движения поездов с учетом этих обстоятельств. Приводим расчет, подтверждающий опасность ветровой нагрузки.

Наиболее опасные места дороги – это речные долины и кривые участки. При пересечении речных долин, как правило, путь проходит по высокой насыпи и открытой безлесной местности. Эти обстоятельства способствуют увеличению силы ветра.

На криволинейных участках – наличие разности высот внутренней и наружной рельсовых нитей. При отклонении скорости движения от оптимальной возникают составляющие силы веса, способствующие опрокидыванию вагонов поезда. При совпадении направления этих сил с направлением ветра может возникнуть опасность опрокидывания вагонов. Эта опасность может существенно усугубиться наличием дефектов рельс, земляной насыпи, балластной

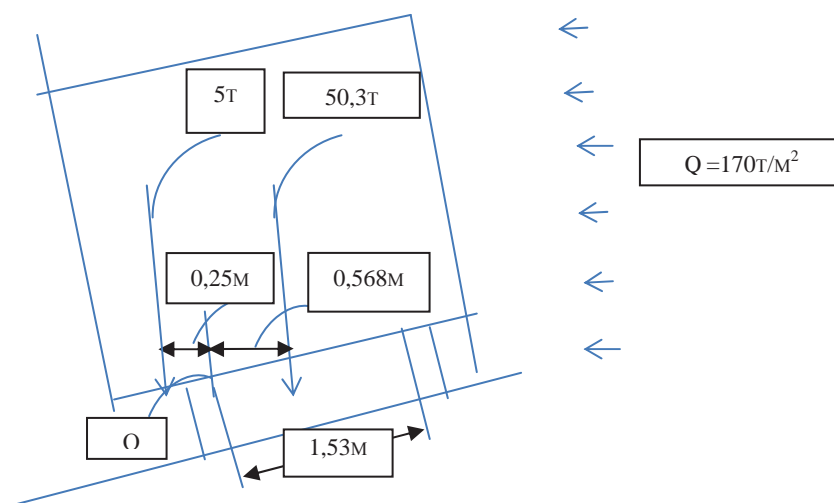
призмы, креплений и конструктивных неполадок вагонов.

Ветровое воздействие особенно опасно, когда ветер порывистый. Ибо, совпадение периода колебаний вагона, возникающих под действием неоднородности пути, с периодом изменения силы ветра может привести к резонансу. Практическим выводом из сказанного следует признание того, что вероятность опрокидывания вагонов под действием ветра отлична от нуля даже в случае соблюдения всех технических требований.

Принятые допущения.

Вагон находится на кривом участке с разницей высот внешней и внутренней рельсовых ниток – 100мм. Ширина рельсовой колеи 1530мм. Вес нетто вагона – 50,3т. Высота, ширина и длина вагона соответственно – 4000, 3000 и 20000мм. Упругостью рессор пренебрегаем. Сумма дефектов земляного полотна, балластной призмы, рельс, креплений, шпал и вагона создает дополни-

тельный уклон, тангенс угла которого равен $-100\text{мм}/1530\text{мм} = 0,0654$. Ураганный ветер бросил на железнодорожное полотно препятствие. Поезд остановился. Ветер с внешней стороны кривой бросает на окна вагона предметы. Под угрозой травм от оконных стекол, которые может разбить ветер, пассажиры кинулись к противоположной стороне вагона, образовав пяти тонную дополнительную весовую нагрузку. Равнодействующая этой нагрузки проходит на расстоянии 0,25м от внутренней рельсовой нити. Центр тяжести вагона находится на высоте - 1,5м над головкой нижнего рельса. Направление ветра перпендикулярно боковой поверхности вагона. В результате взаимодействия с поверхностью вагона масса воздуха в объеме живого сечения, равного боковой поверхности вагона, изменяет направление движения на 90 градусов. Расчетную схему при принятых допущениях иллюстрирует рисунок 1.



(Рис. 1)

Соотношение моментов сил относительно точки О (толчки опрокидывания) имеет вид:

$$M_1 + M_2 = M_3, \quad (1)$$

Где: M_1 – момент силы груза вагона; M_2 момент силы ветра; M_3 – момент веса вагона.

Определение скорости ветра, при которой вагон теряет устойчивость. На основании принятых допущений :

$M_1 = 5t * 0,25m = 1,25tm$.; $M_3 = 50,3 * (1,53/2 - 1,5 * tg(a))$, где $tg(a)$ - тангенс угла наклона вагона, который в данном случае равен:

$$tg(a) = 2 * 0,0654 / (1 - (0,0654)^2) = 0,13136. \text{ Откуда } M_3 = 28,57tm.$$

Из (1)

$$M_2 = M_3 - M_1 = 28,57 - 1,25 = 27,32tm.$$

Критическая ветровая нагрузка на 1кв.м - это та сила, которая вызовет при равномернораспределенной нагрузке на консольном участке длиной $L= 4m$ значение изгибающего момента равного $27,32/20= 1,366tm$. Выражение значения изгибающего момента M для этого случая будет:

$$M = q * L^2 / 2, \quad (2)$$

Где: q – интенсивность распределенной нагрузки на единицу длины консольного участка протяженностью L . В нашем случае, из этого уравнения, получаем: $q = 1,366/8 = 0,170t/кв.м$. Принимаем значение

плотности воздуха - γ равным $1,3кг/м^3$ [2]. Используем уравнение изменения количества движения -

$$F * t = M * V, \quad (3)$$

где: F – сила, t время действия этой силы, M – масса, на которую действовала данная сила, V изменение скорости движения данной массы в направлении действия указанной силы. В нашем случае при $t = 1с$, $F = 0,170t$ и массе, проходящей в одну секунду через живое сечение воздушного потока площадью 1квм, равной $M = \gamma * V^2$, получаем из (3):

$$V = 9,81 * 170 / 1,3 = 35,8м/с.$$

Для исправного пустого вагона, находящегося на прямолинейном участке, не имеющем дефектов, данная методика дает значение опрокидывающей скорости ветра – $42,5м/с$.

Выводы

Компьютерная обработка информации от датчиков ускорений, установленных на тележках и кузовах вагонов, может послужить дополнительным неразрушающим средством диагностики и контроля вагонов и земляного полотна.

При скорости ветра большей $35м/с$, возникает опасность нарушения устойчивости вагонов.

Литература

1. http://www.tvema.ru/ru/productList_2048.html
2. Кикоин И.К. Таблицы физических величин. – М.: Атомиздат. – 1976. – 1086 с.