

эффективности жесткости и демпфирования упруго-вязких связей подвижных опор. Результаты проведенных исследований оформлены в виде таблиц и графиков. Таким образом, разработанная математическая модель аварийной посадки вагона на путь позволяет подобрать рациональные параметры упруго-вязких связей подвижных опорно-посадочных устройств.

Выполненный анализ показывает, что силы динамического взаимодействия, возникающие при аварийной посадке на путь вагона, оснащенного подвижными опорно-посадочными устройствами, значительно ниже, чем у вагона с невыдвигающимися упругими опорами при одинаковой первоначальной величине воздушного зазора.

УДК 656.225.073.436

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УЩЕРБА ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. Л. ИВАНОВ

Военно-транспортный университет железнодорожных войск РФ

Полный ущерб при чрезвычайных ситуациях (ЧС) должен учитывать подверженность воздействию опасного фактора персонала (пассажиров), окружающей среды и производственной мощности:

$$W_y = W_{yH} + W_{yC} + W_{yП} \quad (1)$$

Его можно измерять в денежном эквиваленте (рублях или МРОТ).

Наиболее сложным вопросом является определение размера компенсации за человеческие жертвы, поскольку человеческая жизнь бесценна. Принимая, что эквивалентом полезности человека является средняя зарплата в государстве, можно считать, что индекс денежной компенсации будет зависеть от средней годовой зарплаты, средней продолжительности жизни в стране и возраста погибшего (получившего инвалидность):

$$W_{yH} = \bar{П}(\bar{T}_ж - \bar{t}_п) \bar{З}_п + \bar{И}(\bar{T}_ж - \bar{t}_и) \bar{З}_и, \quad (2)$$

где  $\bar{П}$  – среднее статистическое количество погибших;  $\bar{T}_ж$  – средняя продолжительность жизни в стране;  $\bar{t}_п$  – средний статистический возраст погибших;  $\bar{З}_п$  – средняя годовая зарплата в стране;  $\bar{И}$  – среднее статистическое число граждан, получивших инвалидность;  $\bar{t}_и$  – средний статистический возраст граждан, получивших инвалидность;  $\bar{З}_и$  – средний годовой уровень пенсии по инвалидности.

При оценке ущерба окружающей среде  $W_{yC}$  учитывается вред, нанесенный лесным массивам, угольям, водоемам и т. д.:

$$W_{yC} = \sum_1^m S_{y_j} n_j, \quad (3)$$

где  $S_{y_j}$  – стоимость ущерба  $j$ -му элементу окружающей среды;  $n_j$  – количество элементов окружающей среды, которым нанесен ущерб;  $m$  – виды элементов окружающей среды, которым нанесен ущерб.

При определении  $S_{y_j}$  необходимо пользоваться специальными методиками.

Важной составляющей общего ущерба является ущерб производственной мощности, включающий поражение путей сообщения, транспортных средств, транспортной инфраструктуры, а также потери перевозочной работы:

$$W_{yП} = \sum_1^K C_{y_i} N_{pi} + W_{yПР}, \quad (4)$$

где  $C_{y_i}$  – стоимость ущерба  $j$ -му элементу транспорта;  $N_{pi}$  – количество элементов транспорта, которым нанесен ущерб;  $K$  – виды элементов транспорта, которым нанесен ущерб.

Количество элементов, вышедших из строя, зависит от их уязвимости. Уязвимость элементов к поражающим факторам от каждого источника опасности характеризуется значением критической

силы  $I_{кр}$  поражающего фактора, начиная с которой происходит выход из строя элементов, т. е. условием выхода из строя элементов является

$$I > I_{кр}, \quad (5)$$

где  $I$  – сила поражающего фактора, действующего на элементы.

По совокупности всех элементов критическую силу  $I_{кр}$  можно рассматривать как случайную величину. Она характеризует чувствительность к воздействию поражающих факторов, поэтому вероятность выхода из строя (поражения) элементов выражается зависимостью

$$q_p = P(I > I_{кр}). \quad (6)$$

При нормальном распределении силы и  $I_{кр}$  вероятность выхода из строя элементов

$$q_p = \Phi \left\{ \frac{M - M_{кр}}{\sqrt{G^2 - G_{кр}^2}} \right\}, \quad (7)$$

где  $\Phi \{ \bullet \}$  – функция нормального распределения;  $M, M_{кр}$  – математическое ожидание силы  $I, I_{кр}$  соответственно;  $G^2, G_{кр}^2$  – дисперсия силы  $I, I_{кр}$  соответственно.

В приближенных расчетах возможно использование усреднения:

$$I_{кр} = M[I_{кр}], \quad I = M[I].$$

Выход из строя элементов транспорта имеет место, если они попадают в зону действия поражающего фактора, что характеризуется долей  $\alpha_{пф}$  элементов, которые могут выйти из строя в случае реализации опасности, от общего числа потенциально опасных объектов  $N_{поо}$ .

Долю  $\alpha_{пф}$  можно определить исходя из площади зоны действия поражающего фактора  $S_{пф}$  и общей площади рассматриваемой территории. Доля  $\alpha_{пф}$  – это, по существу, вероятность реализации опасности.

Следовательно, количество элементов (объектов) транспорта, которым нанесен ущерб, можно определить по зависимости

$$N_{рi} = \alpha_{пф} q_p N_{поо}. \quad (8)$$

Ущерб, связанный с потерями перевозочной работы, можно оценить по формуле

$$W_{уip} = \Delta W S_a^{гp} C_{т.км}, \quad (9)$$

где  $\Delta W$  – потери, перевозочной работы (рисунок 1);  $S_a^{гp}$  – среднесуточный пробег грузового вагона;  $C_{т.км}$  – стоимость 1 т. км перевозочной работы.

Потери перевозочной работы обуславливаются потерями пропускной способности ( $\Delta N$ ) и провозной ( $\Delta P$ ) способности, %:

$$\Delta N = \frac{N_H - N_C}{N_H} \cdot 100; \quad (10)$$

$$\Delta P = \Delta N + \Delta Q - \frac{\Delta N \Delta Q}{100}, \quad (11)$$

где  $N_H$  – наличная пропускная способность;  $N_C$  – сниженная пропускная способность;  $\Delta Q$  – потери массы поезда;

$$\Delta Q = \frac{Q - Q_C}{Q} \cdot 100, \quad (12)$$

$Q$  – расчетная масса поезда;  $Q_C$  – сниженная масса поезда.

Потери перевозочной работы вследствие возникновения перерыва в движении поездов ( $t_{пер}$ ), снижения пропускной способности ( $N_C$ ) и массы поезда ( $Q_C$ ) с поэтапным восстановлением.

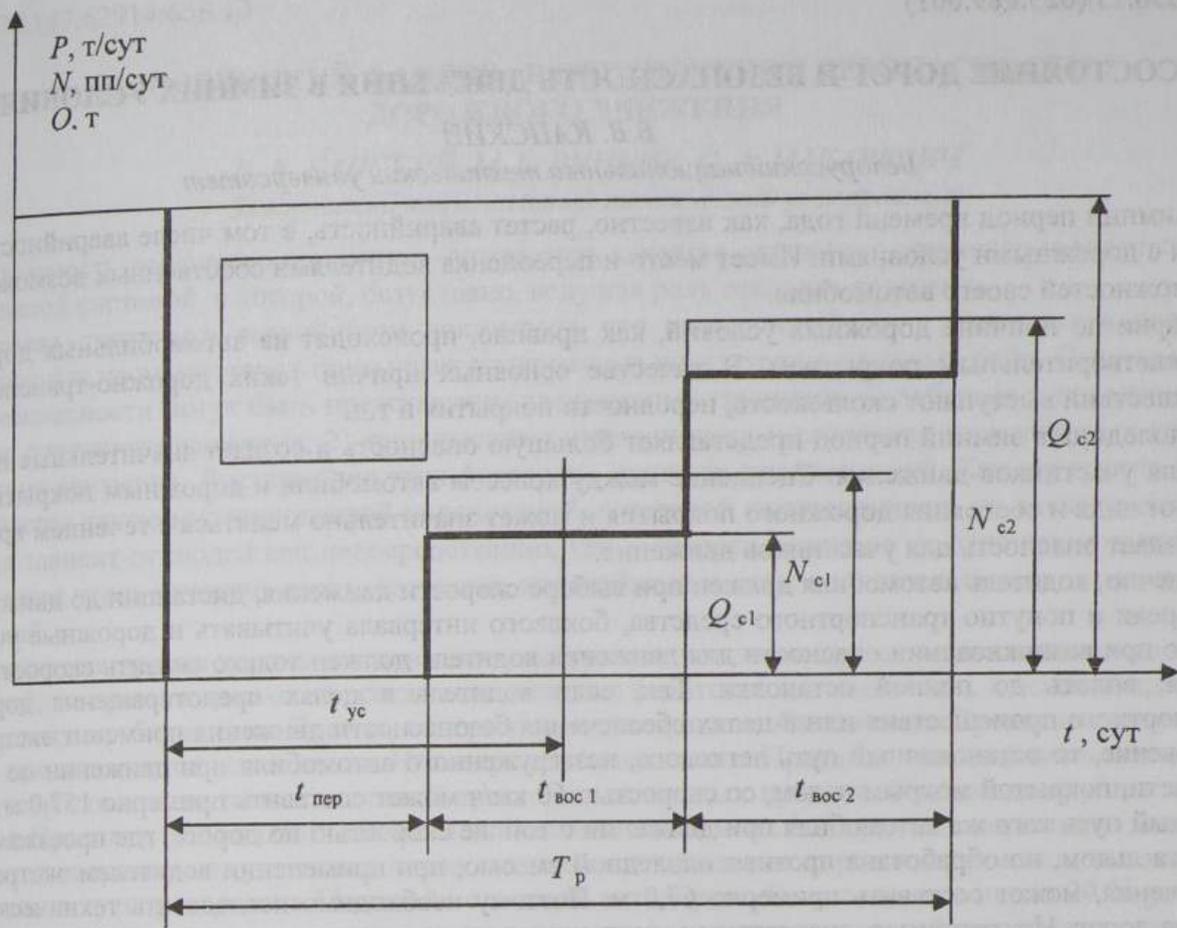


Рисунок 1

В расчетах удобно использовать относительный ущерб в долях

$$\omega_y = \frac{W_y}{C_6} \quad (13)$$

или в процентах

$$\omega_y = \frac{W_y}{C_6} \cdot 100, \quad (14)$$

где  $C_6$  – стоимость (балансовая) объектов до поражающего воздействия.

Для оперативной оценки ущерба производственной мощности транспортных объектов целесообразно использовать следующую зависимость:

$$\omega_{уп} = \frac{t_{yc}}{T_p}, \quad (15)$$

где  $t_{yc}$  – условный перерыв в движении поездов (см. рисунок 1);  $T_p$  – расчетный период функционирования объектов.

Для наиболее общего случая справедлива следующая формула:

$$t_{yc} = t_{пер} + \frac{\sum \Delta P_i t_{восi}}{100}. \quad (16)$$

Таким образом, предложенная методика позволяет оценить не только ущерб при транспортной чрезвычайной ситуации, но и прогнозировать соответствующий показатель влияния нетранспортных ЧС на функционирование железнодорожных объектов.