



Forecasting the Condition of Railway Facilities After an Earthquake

S. Sulaymanov

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety, "Tashkent State Transport University"

H. M. Nurmatov

Senior lecturer Department of Technosphere Safety, «Tashkent State Transport University»

Аннотация: В настоящей статье рассматривается методика оценки состояния сооружений и зданий, вероятности повреждения и мер которые необходимо предпринять на железнодорожной линии после землетрясения. Представлена таблица вероятной степени повреждения зданий разных категорий в зависимости от интенсивности ожидаемого землетрясения и сейсмостойкостью зданий землетрясениям.

Ключевые слова: сейсмический риск, сейсмическая шкала, железная дорога, степень повреждения, экономический ущерб, техносфера, интенсивность землетрясения, транспорт, прогнозирование.

Введение. Новые строительные работы на различных направлениях страны набирают все большие обороты, в том числе в железнодорожной системе. Известно, что поскольку наша Республика расположена в сейсмоактивной зоне, следует учитывать и сейсмостойкостью сооружений. Строительство зданий и сооружений с сейсмостойкостью или разработка различных мероприятий в этой области путем прогнозирования состояний строительных объектов после землетрясения является актуальным вопросом.

Основная часть: Предлагается методику оценки состояния железнодорожных сооружений после землетрясения. Применение этого позволяет достоверно определить количество зданий и сооружений, которые нуждаются в том или ином виде ремонта, или полностью сноса, в зависимости от степени повреждения зданий и сооружений.

Состояние строительных объектов после землетрясения оценивается пятью степенями полученных повреждений согласно шкале MSK-64. В основном это определяется их сейсмостойкостью и интенсивностью самого землетрясения. И, конечно, после землетрясения можно ожидать всевозможные степени повреждений построек. В этом играет важную роль в к какой категории относятся здания. [2]

Предполагается, что степень повреждения различных сооружений существует некоторая случайная величина. Таким образом, картинка разрушений будет полностью описаны, если известны математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение случайной величины.

Однако, согласно данным сейсмической шкалы MSK-64, можно оценить вероятности степень повреждения зданий только двух соседних степеней типа А, Б и В, т.е. $P_i=0,50$ и $P_{i+1}=0,10$, что не образует полную группу событий.

Если предположить, что степень повреждения зданий и сооружений распределена по нормальному закону, тогда случайная величина, определяющей количество зданий и сооружений с некоторой i -й степенью повреждения на участке значений от $\alpha = i - 0,5$ до $\beta = i + 0,5$ определяется выражением

$$P_i = \Phi\left[\frac{(i+0,5)-i_{cp}}{\sigma}\right] - \Phi\left[\frac{(i-0,5)-i_{cp}}{\sigma}\right], \quad (1)$$

i – степень повреждения различных зданий и сооружений (это дискретное значение 1,2,...,5, условно полученное приближительное);

i_{cp} - математическое ожидание вероятности случайной величины номер степени повреждения I);

σ - среднее квадратическое отклонение рассматриваемой случайной величины;

Φ - функция нормального распределения, определяется следующим выражением.

$$\Phi\left(\frac{a}{\sigma}\right) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{a}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (2)$$

(1) -уравнение включает в себя две неизвестных: i_{cp} и σ . Согласно шкале MSK-64, существует вероятность двух реперных значений R_i , что позволяет получить систему двух уравнений:

$$0,5 = \Phi\left[\frac{(i_1+0,5)-i_{cp}}{\sigma}\right] - \Phi\left[\frac{(i_1-0,5)-i_{cp}}{\sigma}\right]; \quad (2a)$$

$$0,1 = \Phi\left[\frac{(i_1+1+0,5)-i_{cp}}{\sigma}\right] - \Phi\left[\frac{(i_1+1-0,5)-i_{cp}}{\sigma}\right],$$

Здесь i_1 - степень возможного повреждения конструкции, соответствующая 0,5;

$i_1 + 1$ - степень возможного повреждения сооружений, соответствует вероятности 0,1.

графоаналитическое уравнений(2a) позволяет получить следующие значения:

$$\sigma = 0,65, \quad i_{cp} = i_1 - 0,34 \quad (3)$$

Подставляя значение (3) в выражены(1), получаем:

$$P_i = \Phi\left[\frac{(i-i_1)+0,84}{0,65}\right] - \Phi\left[\frac{(i-i_1)+0,16}{0,65}\right], \quad (4)$$

Полученное уравнение позволяет составить таблицу вероятностей различной степени повреждений зданиям типа А, Б и В, в зависимости от интенсивности землетрясения и сейсмостойкости зданий, и определить следующую закономерность:

$$I_1 = [(I+J)-(K+i_p)]; i_{cp} = (J - K) \quad K = (J_c - i_p) \quad (5)$$

Здесь K - Константа, для зданий типа А - $K=4,34$, для зданий типа В - $K=5,34$, а для зданий типа В - $K=6,34$;

J - интенсивность землетрясения;

J_c - сейсмостойкость здания;

i_p - математическое ожидание степени повреждения здания при $J = J_c$.

как видно из уравнения (5), когда $J = J_c$, интенсивность землетрясения здания не может служить объективной характеристикой его способности замечать инерционное напряжение, создаваемое землетрясением, поскольку оно само зависит от состояния здания, ожидаемой математической вероятности того, что вычисляется и оценивается случайная величина. Кроме того,

$$I_{cp} = (J - K) = (J_c - i_p) + i_{cp} \quad (6)$$

приведенная выше отражает фундаментальную законность, проявляющуюся во взаимодействии основных активных и реактивных факторов, участвующих в случайном процессе повреждения здания при воздействии инерционного напряжения во время землетрясения.

Из уравнения (1) $\sigma = \text{const}$ следует, что I_{cp} является доминирующим параметром для вероятности $P(i)$ повреждения различных степеней повреждение.

Соотношение (6) можно использовать для определения интенсивности землетрясения по состоянию поврежденных зданий если известны их сейсмостойкости и расчетное состояние при $J = J_c$, то есть

$$J = (i_{cp} - i_p) + J_c \quad (7)$$

Если ставится задача сохранение зданий при $J = J_c$, то $i_p = -1,34$. В этом случае сейсмостойкость зданий А, Б и В следует оценить как 3, 4 и 5 баллов соответственно.

Если ставится задача спасти жизни людей в зданиях момент землетрясения, то $i_p = 0,66$, и в этом случае сейсмостойкость зданий следует оценивать в 5, 6 и 7 баллов. Однако в этом случае допускается повреждение зданий степени 1 или 2, которые не сопровождаются травмированием людей не только обломками строительных конструкций, но и вследствие подвижки мебели. [2]

Принято, что серьезный ущерб объектам возникает из-за магнитуды интенсивности землетрясения $M > 6,1$. На железнодорожной линии Ангрен-Пап этот размер составляет $M > 9$ и может привести к серьезным повреждениям. На железнодорожной линии имеется 4 станции, 4 разъезда, 2 железнодорожных вокзала, 1 тоннель протяженностью 19,1 км, а также искусственных сооружений 15 мостов и 6 путепроводов. [3]

Вероятность повреждения зданий и сооружений а также виды устранения на железнодорожной линии, можно определит по представленным сведениям П.П. Васильева.

таблица 1. Вероятность получения зданиями и сооружениями типа В различных степеней повреждений в результате землетрясения, % [2]

Степень повреждения, i	Интенсивность землетрясения, J							
	5	6	7	8	9	10	11	12
0	100	90	40	4	0	0	0	0
1	0	10	50	36	4	0	0	0
2	0	0	10	50	36	4	0	0
3	0	0	0	10	50	36	4	0
4	0	0	0	0	10	50	36	4
5	0	0	0	0	0	10	60	96

Таблица 2. Категории зданий и сооружений[2]

Тип здания и сооружения	Характеристика построек относящийся данного типа зданий
А	Сооружения из рваного, здания из кирпича сырца, глинобитное сооружение
Б	Здания кирпичные, крупноблочные, из естественного тесанного камня
В	Здания панельные, здания монолитного типа, каркасные железобетонные

Таблица 3. Оценка повреждений сооружений после землетрясения [2]

Степень повреждения,	Вероятность данной степени повреждения	Число зданий с указанной степенью повреждения,	Мероприятия по устранению повреждения и по устранению повреждений в соответствии со строительными стандартами
0	0	0	
1	0,04	48	Текущий ремонт
2	0,36	432	Средний ремонт
3	0,50	600	Капитальный ремонт
4	0,10	120	Требуется снос структуры
5	0	0	

Вывод: Если категория зданий и сооружений на железнодорожной линии Ангрен-Пап считается относящейся к типу В (таблица 2), вероятность их повреждения при различной интенсивности землетрясения согласно шкале MSK-64 будет в соответствии с таблицей 1 следующее:

При 8-ми баллах составляет 0-степень повреждения 4%, 1- степень повреждения 36%, 2- степень повреждения 50%, 3- степень повреждения 10%, ;

При 9 баллах составляет 1-степень повреждения 4%, 2-й степень повреждения 36%, 3-й степень повреждения 50%, 4-й степень повреждения 10%.

Согласно таблице 3. повреждение зданий 2-го степени превышает 36% и 3-го степень повреждения составляет 50%, в этом случае зданий требует капитального ремонта. Стоит отметить, что в примере железнодорожной линии Ангрен-Пап при 9-балльное землетрясение 4-го степени повреждения сооружений составляет 10%. В случае такого повреждения требуется перестроить сооружение. Работы по ликвидации и восстановление отнимают не только времени и ресурсы, что, в свою очередь, приводит к значительному ущербу экономике, что отесняет работу по перевозке пассажиров и грузов.

Еще одним из факторов, способствующих возможному ущербу в результате восстановления разрушенных зданий и инженерных сооружений на различных участках железнодорожной линии Ангрен-Пап является недостаточная подготовленность железнодорожных объектов и сотрудников к землетрясению. Наибольшим риском (максимальной суммой прямого ущерба) характеризуются инженерные сооружения на железнодорожной линии.

Исследования, проведенные во многих государствах, показывают, что заблаговременное изучение возможных событий, прогнозирование, разработка на его основе мер предупреждения, обучение населения и работников надлежащим действиям во время и после землетрясения не только спасут экономический ущерб, причиненный чрезвычайной ситуацией, но и приведут к снижению показателей пострадавших.

Это говорит о том, что заранее разработанные технические решения и направленные инвестиции по повышению потенциала объектов и населения 50% уменьшают технический, социальной риск, и экономический ущерб объектов снижается.[1]

Литература:

1. Сулайманов С.С. Повышение потенциала населения по снижению сейсмического риска /Под редакцией С.С.Сулайманова.//Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing ist ein Imprint der ISBN:978-3 659-93136-9, Германия-2015 г-188с.
2. П.П. Васильев, Безопасность жизнедеятельности. Москва-2003.
3. С.С.Сулайманов, Х.М. Нурматов. Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. *Сборник материалов XIV международной научно-практической конференции курсантов(студентов), слушателей и адъюнктов (аспирантов, соискателей)*
4. Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска. *Пособие для должностных лиц. Москва 1997 г.*