

Выводы:

Наиболее опасными направлениями действия сеймики являются углы от -30° до 0° . Причем, при небольших величинах ускорений (что чаще всего встречается в практике), экстремальные давления достигаются при углах около -30° и смещаются в сторону $\alpha = 0^\circ$ с ростом ускорений. Заметим, что в качестве рекомендуемых при расчетах направлений действия сейсмической нагрузки, в нормах указываются углы 0° и $+30^\circ$ относительно горизонтали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сеймов В.М., Островерх Б.Н., Ермоленко А.И. Динамика и сейсмостойкость гидротехнических сооружений. Киев, Наукова Думка, 2004, 320 с.
2. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. М., 2004, 78 с.
3. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь М., Трансжелдориздат, 1991, 364 с.

УДК 624.21.012

Ахмедов Чингиз Махамеджанович – к.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СЛУЖБЫ БЕТОНА И АРМАТУРЫ НА ОСНОВЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАСЧЁТА

Общеизвестно, что эксплуатационное состояние большинства мостовых сооружений требует различного вида ремонта и проведения диагностических работ. Как показывают исследования, проведенные специалистами КаздорНИИ 950-ти мостовых сооружений на дорогах республиканского значения Республики Казахстан, 30% всех осмотренных мостов находятся в неудовлетворительном состоянии и согласно СНиП 2.05.03-84* требуют срочного капитального ремонта или замены на новые [1]. Согласно обследованиям и испытаниям, проведенным фирмой “Мост сервис ЛТД” в РФ, выявлено, что из 600 городских мостов, из которых более 70% изготовлены из монолитного и сборного бетона и железобетона, 4% находятся в аварийном состоянии, 7% следует признать предаварийными, а 20% всех обследованных мостов вообще не отвечают требованиям пропуска современного транспорта [2]. Оказалось, что практически все обследованные мосты требуют того или иного вида ремонта, на 30% мостов введены ограничения по массе проезжающего транспорта.

Продление сроков службы и обеспечение работоспособности мостовых конструкций, полностью или частично сохраняемых при техническом перевооружении транспорта, - ответственная задача реконструкции транспортной отрасли страны.

В этой связи, безусловно возрастает роль расчётов долговечности эксплуатируемых конструкций, а именно прогноз остаточного ресурса железобетонных пролетных строений мостов. Срок службы бетонной плиты при потере выносливости, согласно трудам Чиркова В.П. [3,4], рекомендуется определять по следующей зависимости, которая учитывает случайный характер воздействия нагрузки и прочности материала:

$$T_{\text{ст}} = \frac{N_B (1 - rV_B)^m}{N_A \eta}, \quad (1)$$

где V_B - коэффициент вариации прочности бетона; η – коэффициент, равный

$$\eta = \frac{\sigma_{\max}}{R_{bn} \alpha \beta^n} \quad (2)$$

σ_{\max} – максимальное напряжение в бетоне от реальной эксплуатационной нагрузки; α – коэффициент, зависящий от уровня напряжений создаваемых постоянной нагрузкой, и коэффициента вариаций временной нагрузки V_b определяемый по табл. 1; σ_n – минимальные напряжения в бетоне; R_{bn} – призмная прочность бетона (средние значения); β – коэффициент, учитывающий изменение прочности бетона во времени, его постепенную деградацию и рост прочности бетона во времени который принимается в соответствии с табл. 2; γ – коэффициент, зависящий от принятой обеспеченности расчётного срока службы и соответствующий требуемому индексу надёжности для построенного сооружения, 3,0; N_0 – базовое количество циклов нагружения до разрушения ($N_0 = 2 \cdot 10^6$ циклов); N_1 – количество циклов нагружения в единицу времени; m – показатель кривой выносливости бетона.

Данные, представленные в таблицах 1 и 2, заимствованы из [5].

Таблица 1 – Значения коэффициента α при различных значениях α_n

V_b	$\alpha_n = \sigma_n / R_{bn}$					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,595	0,635	0,668	0,703	0,730	0,783
0,05	0,570	0,603	0,634	0,658	0,675	0,691
0,10	0,527	0,552	0,571	0,587	0,599	0,605
0,15	0,481	0,492	0,502	0,511	0,520	0,529

Таблица 2 – Значения коэффициента β_b

Класс бетона по прочности при сжатии, В	В 27,5 и ниже	В 30	В 40	В 50	В 55	В 60
β_b	1,34	1,31	1,28	1,26	1,21	1,20

Выражение (2), по которому определяется коэффициент η , подставим в формулу (1). Тогда:

$$T_{\text{от}} = \frac{N_2}{N_2} \frac{R_{bn}}{\sigma_{\max}} \alpha \beta (1 - \gamma V_b)^m \quad (3)$$

Значение максимального напряжения в бетоне, используемого в зависимости (3) от реальной эксплуатационной нагрузки, попытаемся определить через трансформированные трехлинейные диаграммы деформирования сжатого бетона, предложенные А.С. Залесовым и Е.Л. Чистяковым [6]. Трехлинейные диаграммы деформирования бетона имеют две наклонные участки, характеризующие соответственно упругую и упругопластическую работу бетона и горизонтальный участок, характеризующий пластическую работу бетона с постоянными напряжениями, равными сопротивлению бетона при сжатии.

На рисунке 1 представлена трёхлинейная диаграмма работы бетона.

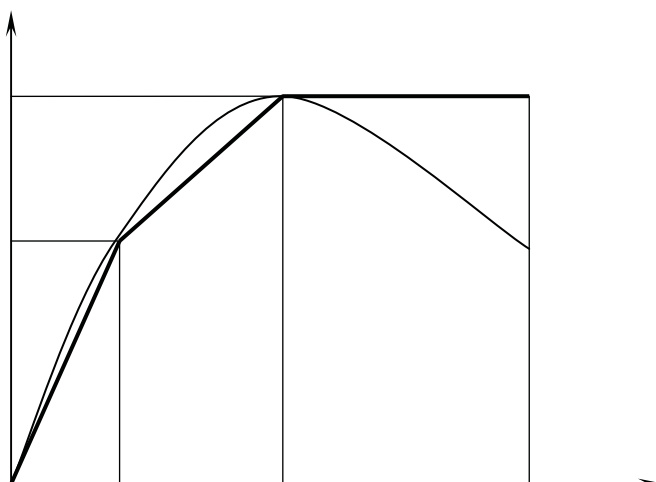


Рисунок 1 – Трёхлинейная диаграмма работы бетона

Аналитическое описание трёхлинейной диаграммы выражается зависимостями:

При $\varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}$

$$\sigma_b = E_b \varepsilon_b \quad (4)$$

При $\varepsilon_{b1} < \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b0}$

$$\sigma_b = R_b \left[\frac{1 - \beta_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} (\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}) + \beta_{b1} \right] \quad (5)$$

При $\varepsilon_{b0} < \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$

$$\sigma_b = R_b \quad (6)$$

Используя последние зависимости для определения напряжений, следует их подставлять в выражение (3):

Для упругой стадии работы

$$T_{\text{ст}} = \frac{N_0}{N_k} \frac{R_{b1}}{E_b \varepsilon_b} \propto \beta (1 - \gamma V_b)^m, \quad (7)$$

Для упруго-пластической стадии

$$T_{\text{ст}} = \frac{N_0}{N_k} \frac{1}{\frac{1 - \beta_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} (\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}) + \beta_{b1}} \propto \beta (1 - \gamma V_b)^m, \quad (8)$$

Для пластической стадии

$$T_{\text{ст}} = \frac{N_0}{N_k} \propto \beta (1 - \gamma V_b)^m, \quad (9)$$

Зависимости (7-9) представляют собой выражения для определения остаточного ресурса бетонной плиты при трех стадиях работы бетона в процессе эксплуатации.

В.П. Чирковым для расчёта срока службы железобетонных пролётных строений по потере выносливости арматуры предложена аналогичная к (1) зависимость. Она основана на применении гипотезы линейного суммирования усталостных напряжений и также определяется с учетом случайного характера воздействия нагрузки и прочности арматуры:

$$T_{\text{ст}} = \frac{N_0 (1 - \gamma V_b)^m}{N_k \eta}, \quad (10)$$

где V_s - коэффициент вариации прочности арматуры, принимаемый на основе анализа статистически обработанных результатов испытаний на разрыв образцов арматуры, поступившей на завод: 0,090 – то же, А-III и А-IV; 0,066 – высокопрочная гладкая проволка; m – параметр кривой выносливости; η – коэффициент, равный

$$\eta = \frac{\sigma_{max}}{R_{nn} \alpha},$$

σ_{max} – максимальное напряжение в арматуре от реальной эксплуатационной нагрузки; α – коэффициент, зависящий от уровня напряжений, создаваемых постоянной нагрузкой, и коэффициента вариаций временной нагрузки V_b , определяемой по таблице 3; σ_n – минимальные напряжения в бетоне; R_{nn} – призмочная прочность бетона (средние значения).

Значения коэффициентов α , m и $\frac{\sigma_s}{R_{nn}}$ приведены в таблице 3. Эти данные заимствованы из [5].

Таблица 3 - Значения коэффициентов α , m и $\frac{\sigma_s}{R_{nn}}$ для различных видов арматуры

Коэф-нт	$\alpha_n = \sigma_n / R_{nn}$									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	
<i>Арматура класса А-I (А-IV)**</i>										
α^*	<u>0,428</u> <u>0,406</u>	<u>0,493</u> <u>0,472</u>	<u>0,556</u> <u>0,536</u>	<u>0,618</u> <u>0,598</u>	<u>0,682</u> <u>0,661</u>	-	<u>0,737</u> <u>0,727</u>	-	-	-
m	10	14	20	26	36	-	50	-	-	-
σ_n / R_{nn}	0,306	0,366	0,425	0,480	0,540	-	0,589	-	-	-
<i>Арматура класса А-II (А-III)**</i>										
α^*	<u>0,335</u> <u>0,322</u>	<u>0,403</u> <u>0,391</u>	<u>0,472</u> <u>0,459</u>	<u>0,541</u> <u>0,529</u>	<u>0,616</u> <u>0,603</u>	-	-	-	-	-
m	8	11	14	21	30	-	44	-	-	-
σ_n / R_{nn}	0,231	0,292	0,349	0,416	0,483	-	0,543	-	-	-
<i>Арматура класса В-II</i>										
α^*	-	-	-	-	-	<u>0,608</u> <u>0,600</u>	<u>0,646</u> <u>0,638</u>	<u>0,684</u> <u>0,676</u>	<u>0,722</u> <u>0,714</u>	-
m	-	-	-	-	-	38	44	52	63	-
σ_n / R_{nn}	-	-	-	-	-	0,495	0,530	0,563	0,599	-

Аналогично определению зависимостей (7-9), можно вынести зависимости для определения срока службы для арматуры при разных стадиях работы арматуры, с использованием трехлинейных диаграмм деформирования арматуры, предложенными А.С. Залесовым и Е.Л. Чистяковым [6].

На рисунке 2 представлена трехлинейная диаграмма деформирования арматуры.

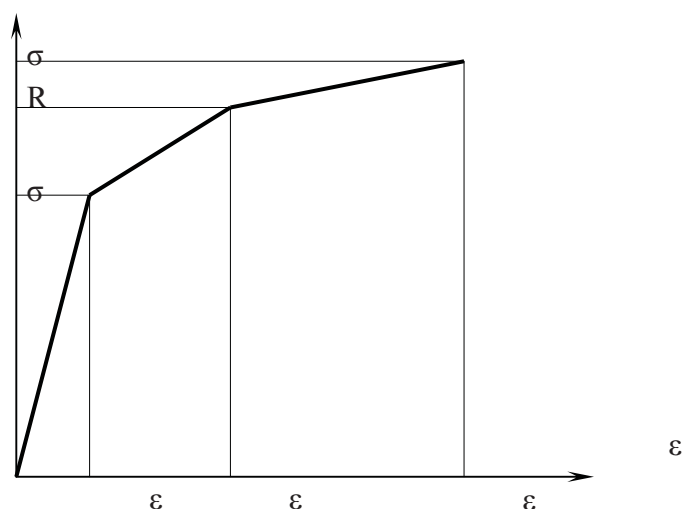


Рисунок 2 – Трёхлинейная диаграмма работы арматуры

Аналитическое описание трехлинейной диаграммы деформирования арматуры выражается зависимостями:

При $\varepsilon_s \leq \varepsilon_{s1}$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \quad (11)$$

При $\varepsilon_{s1} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{s0}$

$$\sigma_s = R_s \left[\frac{1 - \beta_{s1}}{\varepsilon_{s0} - \varepsilon_{s1}} (\varepsilon_s - \varepsilon_{s1}) + \beta_{s1} \right] \quad (12)$$

При $\varepsilon_{s0} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{s2}$

$$\sigma_s = R_s \left(\frac{\beta_{s2} - 1}{\varepsilon_{s2} - 1} \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{s0}} + \frac{\beta_{s2} - \beta_{s1}}{\beta_{s2} - 1} \right) \quad (13)$$

Используя последние зависимости для определения напряжений, следует их подставлять в выражение (10):

Для упругой стадии работы

$$T_{\text{эл}} = \frac{N_0}{N_k} \frac{\omega R_{\text{эл}}}{E_s \varepsilon_y} (1 - \gamma V_b)^m, \quad (14)$$

Для упруго-пластической стадии

$$T_{\text{эл}} = \frac{N_0}{N_k} \frac{\alpha}{\frac{1 - \beta_{s1}}{\varepsilon_{s0} - \varepsilon_{s1}} (\varepsilon_s - \varepsilon_{s1}) + \beta_{s1}} (1 - \gamma V_b)^m, \quad (15)$$

Для пластической стадии

$$T_{\text{эл}} = \frac{N_0}{N_k} \frac{\alpha}{\frac{\beta_{s2} - 1}{\varepsilon_{s2} - 1} \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{s0}} + \frac{\beta_{s2} - \beta_{s1}}{\beta_{s2} - 1}} (1 - \gamma V_b)^m, \quad (16)$$

Выводы

Предложенные методы расчёта остаточного ресурса эксплуатируемых железобетонных пролетных строений (7-9) соответственно для упругой, упруго-пластической и пластической стадии работы бетона и (14-16) для арматуры, основываются на данных, полученных в результате технической диагностики. По данным зависимостям возможно оценить срок службы пролетных строений по критерию развития коррозии арматуры с момента технической диагностики и планировать ремонтно-профилактические мероприятия для обеспечения безопасности и бесперебойности движения транспортных средств. Особенностью представленных зависимостей является использование в них методов деформационной модели расчёта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красиков О.А., Цыценко Н.А., Головкина А.Б., Мачина Н.А. Проблемы ремонта мостов на дорогах Казахстана. Габариты и нагрузки //Вестник КазГАСА №2(8). Алматы, 2003.
2. Иосилевский Л.И. Практические методы управления надёжностью железобетонных мостов. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Науч. –изд. центр «Инженер», 2001. – 324с.
3. Чирков В.П. Методы расчёта сроков службы железобетонных конструкций. Уч. пос. – М.: МИИТ, 1996. – 60с.
4. Чирков В.П. Прикладные методы теории надёжности в расчётах строительных конструкций. Учебное пособие для вузов ж. –д. транспорта. – М.: Маршрут, 2006. -620с.
5. Шестериков В.И. Методика расчётного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов. Москва 2002.
6. Залесов А.С., Чистяковым Е.А., Ларичева И.Ю. Деформационная расчётная модель железобетонных элементов при действии изгибающих моментов и продольных сил. Бетон и железобетон, №5, 1996г.

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

УДК 629.46.027.3

**Абдуллаев Сейдулла Сейдеметович – д.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)
Жандыбаев Болат Рымканович – инженер КарГТУ (Караганда, КарГТУ)**

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРУЖИННО-ФРИКЦИОННОГО
КОМПЛЕКТА ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА**

Рассматривая несимметричное размещение твердотельного груза относительно как продольной (в сторону передней тележки), так и поперечной (в сторону наружной рельсовой нити) оси симметрии вагона [1], следует получить аналитические формулы для определения реакции связей в парах трения «надрессорная балка – фрикционный клин» и «фрикционный клин – фрикционная планка» в зависимости от их геометрических параметров (углов наклонов контактируемых поверхностей).

Конструктивно пружинно-фрикционный комплект тележки грузового вагона, как физический объект, с точки зрения теоретической механики, и как клиновой механизм, с точки зрения теории механизмов и машин, выполнен так, что его фрикционные клинья контактируются только тремя твердотельными элементами – надрессорной балкой 1, фрикционной планкой 4 (или 5) и двойными пружинами 7 (или 8) [1] (рисунок 1).