

КАЗАХСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

«Промышленный транспорт Казахстана»

Журнал издается с сентября 2004 года.

Выходит 4 раза в год.

Собственник-Учреждение «Казахский Университет путей Сообщения».

Адрес редакции:
Республика Казахстан,
050063, г. Алматы,
мкр. Жетісу-1,
дом 32А,
тел. 8-727-376-74-78,
факс 8-727-376-74-81,
E-mail: kups1@mail.kz

Журнал
перерегистрирован в
Министерстве
информации и
коммуникаций
Республики Казахстан

Свидетельство
№ 16163-Ж
от 28.09.2016 г.
Индекс 75133

Подписано в печать
05.2017 г.
тираж 500 экз.
Зак. № 36.

Отпечатано в
ТОО «Алла прима»
г. Алматы,
ул. Ратушного, 80
т. 251 62 75

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Омаров А.Д. – доктор технических наук, профессор, действительный член Международных академий транспорта и информатизации, ректор Казахского университета путей сообщения

Заместитель главного редактора

Кайнарбеков А.К. – д.т.н., профессор, действительный член Международной академии информатизации

Ответственный секретарь

Саржанов Т.С. – д.т.н., профессор

РЕДАКЦИОННО-АВТОРСКИЙ СОВЕТ

Александров А.А. – д.т.н., профессор МГТУ (Москва, РФ)
Артемьев А.И. – д.филос.н., профессор (Республика Казахстан)
Аманова М.В. – к.т.н., PhD, доцент (Республика Казахстан)
Гоголь А.А. – д.т.н., профессор СПбГУТК им. Бонч-Бруевича (Санкт-Петербург, РФ);
Джаланров А.К. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Жуйриков К.К. – д.э.н., профессор (Республика Казахстан)
Игамбергенов М.Ж. – нач. цеха Управления горного ж.д. транспорта АО «ССГПО» (Республика Казахстан)
Кангожин Б.Р. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Карабасов И.С. – к.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Карпущенко Н.И. – д.т.н., профессор СибГУПС (Новосибирск, РФ);
Каспакбаев К.С. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Касымов Б.М. – к.т.н., PhD, доцент (Республика Казахстан)
Кобжасарова М.Д. – к.п.н., доцент (Республика Казахстан)
Коктаев Н.С. – пл. инженер предприятия пром. транспорта ПО «Балхашцветмет», корпорации «Казахмыс» (Республика Казахстан)
Кононова Н.П. – ректор ОмРИ (Омск, РФ)
Малыбаев С.К. – д.т.н., профессор КарГТУ (Караганда, РК)
Матветцов В.М. – д.т.н., профессор БелГУТ (Гомель, Республика Беларусь)
Муратов А.М. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Мусаева Г.С. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Нурмамбетов С.М. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Самыратов С.Т. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Старых О.В. – директор ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» (Москва, РФ)
Султангазинов С.К. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Таласпеков К.С. – д.э.н., профессор (Республика Казахстан)
Тулендиев Т.Т. – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)
Турдахунов М.М. – Президент АО «ССГПО» (Республика Казахстан)
Шалкараров А.А. – д.т.н., доцент (Республика Казахстан)
Шалтыков А.И. – д.п.н., профессор (Республика Казахстан)
Шокнаров К.Н. – нач. предприятия пром. транспорта ПО «Балхашцветмет», корпорации «Казахмыс» (Республика Казахстан)
Чеховская М.Н. – к.э.н., PhD, доцент КГЭТУТ (Киев, Украина)

Нарықтық экономика кезінде шығындарды басқару үлкен маңызды мәселе болып саналады. Тек қана шығындар есебінің жүйесін өзгерту арқылы табысқа тікелей әсер етуге болады. Шығындарды басқаруда ең жоғарғы нәтижеге қол жеткізу үшін кәсіпорынның стратегиялық және тактикалық мақсатын бағалау қажет.

Қолданылған әдебиеттер:

- 1.Абильдина А.Ш. Современные концепции управления затратами предприятия // Транзитная экономика. - 2010 - № 4-5. - С. 54-61.
2. Дүйсенбаев К.Ш., Төлегенов Э.Т., Жұмағалиева Ж.Г. Кәсіпорынның қаржылық жағдайын талдау / Оқу құралы. - Алматы: Экономика. 2001 ж.
3. Дәуренбекова Ә.Н. Шығындарды басқару/ Оқу құралы. - Алматы: Экономика. 2009 ж.

УДК 624.1

**Кумар Д.Б. (КазНУ им. Аль-Фараби)
Мурзалина Г.Б. (КУПС)
Турдали Б. (КУПС)**

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРА НАДЕЖНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И РАСЧЕТ СРОКОВ ИХ СЛУЖБЫ ПО ПРИЗНАКУ КАРБОНИЗАЦИИ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

Аннотация

В статье приведены результаты расчета сроков службы мостовых конструкций по параметру карбонизации защитного слоя бетона.

Аннотация

Мақалада көпір конструкциялары бетонының қорғаныс қабатының карбонизациялау параметрі бойынша қызмет мерзімдерін есептеу нәтижелері көрсетілген.

Abstract

The article presents the results of calculating the service life of bridge structures in terms of the carbonization parameter of the protective layer of concrete.

Мостовые железобетонные конструкции, эксплуатируемые в условиях интенсивного движения транспорта, подвергаются воздействию внешней среды. В расчете строительных конструкций на долговечность есть

предложение рассматривать полную карбонизацию слоя бетона условием предельного состояния по долговечности.

Для мостовых балочных конструкций, находящихся под воздействием интенсивных динамических нагрузок, уменьшение защитного слоя бетона оказывает опасное влияние на преднапряженную арматуру, коррозия которой может привести к внезапному обрушению конструкций.

Замеры глубины карбонизации слоя показали, что ее математическое распределение подчиняется нормальному закону. Это позволяет рассчитать потерю защитных свойств слоя бетона на основе вероятностных подходов.

Вероятность того, что потеря толщины защитного слоя бетона достигает предельного значения и оказывает негативное влияние на поверхность арматуры можно записать в виде условия:

$$P(a_{\text{пр}}) \geq P_n \quad (1)$$

где $a_{\text{пр}}$ – предельная величина защитного свойств слоя бетона, мм;

P_n – нормативное значение безотказности конструкции по показателю глубины карбонизации слоя бетона.

Учитывая, что плотность распределения глубины карбонизации и толщины защитного слоя бетона подчиняется нормальному закону, выражение (1) можно расширить в виде:

$$\frac{\bar{a}-x}{\sqrt{(V\bar{a}\cdot\bar{a})^2+(Vx\cdot x)^2}} \geq \gamma_n \quad (2)$$

где \bar{a} , $V_{\bar{a}}$ – математическое ожидание и коэффициент вариации распределения защитного свойств слоя бетона;

V_x , x – математическое ожидание и коэффициент вариации распределения глубины карбонизации слоя бетона.

γ_n – характеристика безопасности.

Величина γ_n , называемая характеристикой безопасности, в соответствии с нормальным законом распределения соответствует определенной степени надежности. Для мостов, обладающих высокой степенью ответственности, данный показатель равен 0,95. Это означает, что за период эксплуатации из ста мостовых балок 95 должны иметь показатель безопасности не ниже нормативного.

Для нормального распределения величин несущих конструкций с обеспеченностью 0,95 нижняя граница величины, гарантирующей вероятность показателя безопасности, равного 95%, определяется как:

$$\Phi(u_{\text{min}}) = 0,95-0,5=0,45 \quad (3)$$

где $\Phi(u_{\min})$ – наименьшее значение показателя функции.

Из таблицы интегралов находим, что значению $\Phi(u_{\min}) = 0,45$ соответствует квантиль $u = 1,64$. Т.е. $\gamma_H = 1,64$. Например, для конструкций промзданий с надежностью 0,9 $\gamma_H = 1,28$.

Вероятность того, что за определенное время глубина слоя карбонизации бетона и средняя толщина защитного слоя окажутся одинаковыми равна $m=0,5$.

Тогда формулу (2) можно переписать в виде:

$$\frac{\tilde{a} - \dot{K}_{\text{э}} \cdot T_{\text{carb}}^m}{\sqrt{(V_{\tilde{a}} \cdot \tilde{a})^2 + (V_{\dot{K}_{\text{э}}} \cdot \dot{K}_{\text{э}} \cdot T_{\text{carb}}^m)^2}} \geq \gamma_H \quad (4)$$

где $\dot{K}_{\text{э}}$ и $V_{\dot{K}_{\text{э}}}$ – математическое ожидание и коэффициент вариации скорости карбонизации;

T_{carb}^m – срок службы конструкции, при котором защитный слой бетона потеряет свою функциональность по отношению к арматуре, т.е. $m=0,5$.

Условие (2) позволяет определить срок службы защитного слоя бетона с обеспеченностью 0,95. Тогда срок службы по карбонизации защитного слоя можно переписать в виде:

$$T_{\text{carb}} = \left(\frac{\tilde{a}}{\dot{K}_{\text{э}}} \cdot \frac{1 - \sqrt{1 - (1 - \gamma_H^2 V_{\tilde{a}}^2) \cdot (1 - \gamma_H^2 V_{\dot{K}_{\text{э}}}^2)}}{1 - \gamma_H^2 V_{\dot{K}_{\text{э}}}^2} \right)^{1/m} \quad (5)$$

Определим время карбонизации защитного слоя бетона мостовой балки пролетом 33 м при следующих условиях:

- толщина защитного слоя бетона $\tilde{a} = 30$ мм;
- коэффициент вариации толщины защитного слоя карбонизации (учтем среднее значение для мостовых конструкций) $V_{\tilde{a}} = 0,20$;
- характеристика безопасности $P_H = 0,95$ $\gamma_H = 1,64$;
- математическое ожидание скорости карбонизации (учтем среднее значение) $\dot{K}_{\text{э}} = 2,0$ мм/год^{0,5};
- коэффициент вариации скорости карбонизации (учтем минимальное значение для мостовых конструкций) $V_{\dot{K}_{\text{э}}} = 0,15$.

Расчет ведем по формуле при (5) при $m=0,5$:

$$T_{\text{carb}} = \left(\frac{30}{2} \cdot \frac{1 - \sqrt{(1 - (1 - 1,64^2 \cdot 0,15^2)) \cdot (1 - 1,64^2 \cdot 0,2^2)}}{1 - 1,64^2 \cdot 0,15^2} \right)^2 = 91 \text{ лет}$$

Попробуем решить обратную задачу, т.е. определим требуемую толщину защитного слоя бетона, исходя из нормативного срока службы

мостовых конструкций 80 лет. Для этого в формуле (4) приравняем срок службы конструкции к нормативному сроку, т.е. $T_{carb}^m = T_H^m$ и перепишем данную формулу в следующем виде:

$$\tilde{a} \geq \dot{K}_{\text{э}} \cdot T_H^m \cdot \frac{1 - \gamma_H^2 V_{K\text{э}}^2}{\sqrt{1 - (1 - \gamma_H^2 V_{\tilde{a}}^2) \cdot (1 - \gamma_H^2 V_{K\text{э}}^2)}} \quad (6)$$

Тогда:

$$\tilde{a} \geq 2 \cdot \sqrt{80} \cdot \frac{1 - 1,64^2 \cdot 0,15^2}{1 - \sqrt{(1 - (1 - 1,64^2 \cdot 0,15^2)) \cdot (1 - 1,64^2 \cdot 0,2^2)}} = 28,1 \text{ мм}$$

Для интенсивного движения транспорта, т.е. когда $\dot{K}_{\text{э}} = 2,5 \text{ мм/год}^{0.5}$ проектная толщина защитного слоя будет равна 35 мм.

Таким образом, приведен расчет срока службы мостовой балки с учетом показателя глубины карбонизации слоя и определена минимальная толщина защитного слоя бетона с определенной степенью вероятности наступления события и ответственности конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. – М.: Маршрут, 2006. – 620с.

УДК 624.1

Кумар Д.Б. (КазНУ им. Аль-Фараби)
Мурзалина Г.Б. (КУПС)
Исмулдаев Ф. (КУПС)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ БАЛОК ПО ВЫНОСЛИВОСТИ АРМАТУРЫ

Аннотация

В статье приведены результаты расчета сроков службы мостовых конструкций балок по выносливости арматуры.

Аннотация

Мақалада көпір конструкцияларының арматураның шыдамдылығы бойынша жұмыс мерзімін анықталуы көрсетілген.

Abstract

In the article results of calculation of service life of bridge structures on endurance of armature.

Срок службы по выносливости арматуры мостовых конструкций балок оценивается на основе использования гипотезы линейного суммирования

усталостных повреждений.

В общем случае для стационарного случайного процесса нагружения срок службы определяется по формуле [1]:

$$T = \frac{1}{n_1 \int_{\sigma_0} \frac{p(\sigma) d\sigma}{N(\sigma, \sigma_n)}} \quad (1)$$

где $N(\sigma, \sigma_n)$ — кривая выносливости арматуры, зависящая от класса арматуры, концентрации напряжений, уровня постоянных напряжений, условий работы арматуры в теле бетона;

σ_0 — напряжения, ниже которых не происходит накапливание усталостных напряжений.

В практическом плане расчет срока службы по исчерпанию выносливости арматуры на основе применения гипотезы линейного суммирования повреждений с учетом изложенных соображений выполняют по формуле [1, с.592]:

$$T = \frac{N_1}{n_1} \cdot \left(\frac{1 + \gamma V_s}{\eta_s} \right)^m \quad (2)$$

где V_s — коэффициент вариации прочности арматуры, принимаемый на основе анализа статистической обработки результатов испытаний на разрыв образцов арматуры, поступавших на завод-изготовитель, при вариантном проектировании могут быть приняты коэффициенты вариации, отраженные в нормативных документах;

m — параметр кривой выносливости арматуры, принимаемой согласно табл. [2]:

γ — характеристика безопасности, для обеспеченности расчетного срока службы $P=0.99$, которую можно принять в расчетах при воздействии повторных нагрузок, $\gamma = -2,33$;

n_1 — число циклов нагружения;

$N_1 = 2 \cdot 10^6$;

η_s — коэффициент, характеризующий уровень напряжений в арматуре с учетом статистической изменчивости нагрузки, определяемый по следующей формуле:

$$\eta_s = \frac{\sigma_s}{\alpha \sigma_u} \quad (3)$$

σ_s — напряжение в арматуре от эксплуатационной нагрузки;

α — коэффициент, зависящий от уровня напряжений, постоянной нагрузки $\alpha_n = \frac{\sigma_n}{\sigma_u}$ и от коэффициента вариации эксплуатационной нагрузки V_σ ,

значения коэффициента α приведены в табл. [1, с.593].

Расчетный срок службы по исчерпанию выносливости арматуры, определенный согласно (2), должен быть не менее нормативного.

Рассчитаем срок службы пролетного строения мостовой балки пролетом 33 м при следующих данных:

- длина пролета $L=32,6$ м;
- годовое число циклов нагружения $n_1=17\ 000$ циклов в соответствии с табл. 4 п.3.4 [2];
- коэффициент вариации эксплуатационной нагрузки $V\sigma = 0,05$;
- класс арматуры канаты К-7 диаметром 15мм по [3] с временным сопротивлением $\sigma_u=1946$ МПа и коэффициентом вариации прочности арматуры $Vs=0,066$ – для высокопрочной гладкой проволоки;
- напряжения в арматуре от полной нагрузки и предварительного натяжения $\sigma_s = 893$ МПа;
- напряжения в арматуре от предварительного натяжения и постоянной нагрузки $\sigma_n = 826$ МПа.

Значения коэффициента α определяем по табл. 4.3 [2]: при $\alpha_n = 826/1946 = 0,424$ и $V\sigma = 0,05$ величина $\alpha = 0,608$.

$$\text{тогда } \eta_s = 893 / (0,608 \cdot 1946) = 0,754.$$

Отношения напряжений в арматуре от полной нагрузки и от минимальных, ниже которых не требуется расчет сроков службы, к временному сопротивлению арматуры соответственно равны: $\sigma_s/\sigma_u = 893/1946 = 0,459$, $\sigma_1/\sigma_u = 0,436$. Тогда $m = 38$ (табл.4.3 [2]).

Так как $\sigma_s > \sigma_1$ значение срока службы по исчерпанию выносливости напрягаемой арматуры согласно формуле (2) равно:

$$T = \frac{2 \cdot 10^6}{17\ 000} \left(\frac{1 - 2,33 \cdot 0,066}{0,754} \right)^{38} = 943 \text{ лет}$$

$$T > T_y = 118 \text{ лет}$$

где $T_y = 118$ лет – условный срок службы по табл.4 п.3.4 [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. – М.: Маршрут, 2006. – 620с.
2. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов – М.: Росавтодор, 2002.
3. ГОСТ 13840-68. Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия – М., Издательство стандартов, 1995г.