

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ГВУЗ "ПРИДНЕПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ"**

**СТРОИТЕЛЬСТВО, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ,
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

Сборник научных трудов

**Под общей редакцией доктора технических наук
профессора В.И. Большакова**

**При поддержке главного управления образования и науки областной
государственной администрации**

Выпуск 61

*Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-
гражданского, промышленного и транспортного назначения*

Днепропетровск
2011

ББК 30.3
С86
УДК 624(0)

*Печатается по решению Ученого совета ГВУЗ "Приднепровская
государственная академия строительства и архитектуры"*

Протокол № 1 от 31 августа 2011г.

Согласно постановления Президиума ВАК Украины от 14.10.2009 г. за №1-05/4 сборник научных трудов входит в перечень № 1 «научных фахових видань України», в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов.
Вып. 61, -Дн-вск, ПГАСА, 2011. – 548 с. (в обл.).

В сборник вошли статьи, освещающие актуальные вопросы диагностики и оценки технического состояния, прогноза долговечности и надежности, ремонта и восстановления конструкций зданий и сооружений жилищно-коммунального, промышленного и транспортного строительства.

Редакционная коллегия:

докт. техн. наук	В.И. Большаков (главный редактор)		
докт. техн. наук	Н.В. Савицкий (первый зам. гл. редактора)		
докт. техн. наук	А.Н. Бамбура		
докт. техн. наук	Р.А. Веселовский	докт. техн. наук	В.Ф. Мушанов
докт. техн. наук	Д.Ф. Гончаренко	докт. техн. наук	К.А. Пирадов
докт. техн. наук	В.С. Дорофеев	докт. техн. наук	С.Ф. Пичугин
докт. техн. наук	П.П. Лизунов	докт. техн. наук	А.Н. Пшинько
докт. техн. наук	В.С. Лесовик	докт. техн. наук	Р.Ф. Рунова
докт. техн. наук	И.И. Лучко	докт. техн. наук	А.В. Русинов
докт. техн. наук	Г.А. Молодченко	докт. техн. наук	С.И. Федоркин
докт. техн. наук	В.М. Кирнос	докт. техн. наук	В.Т. Шаленный
докт. техн. наук	Л.И. Стороженко	докт. техн. наук	А.М. Ливинский
докт. техн. наук	Е.А. Егоров	докт. техн. наук	В.Л. Седин

Под общей редакцией д.т.н. профессора Большакова В.И.

Ответственный за выпуск Юрченко Е.Л.

Свидетельство (серия ДК № 8986) о внесении Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры как субъекта издательского дела в Государственный реестр издателей и распространителей издательской продукции.

© ГВУЗ "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", 2011

восстановительных работах в стесненных условиях и обладает следующими преимуществами:

- конструктивные элементы основного несущего устройства изготавливаются массой, которая обеспечивает монтаж вручную, без механизмов;

- повышается уровень механизации, а отсюда и качество выполнения нулевого цикла;

- повышается производительность труда за счет обратного хода шнека.

3. Разработан подробно технологический процесс выравнивания крена здания.

4. Решена задача горизонтального бурения методом корреляции расчета арки.

5. Представлены теоретические предпосылки расчета величины оседания здания при выравнивании крена методом горизонтального выбуривания.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель, Бюл. № 13, 10.07.2008
2. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. М., Стройиздат, 1993, 207 с.
3. Мензуренко А.С. Механизация строительно-монтажных работ при реконструкции, модернизации и капитальном ремонте жилых зданий. ПГС, № 4, 1995, 31 с.
4. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01-83). М., Стройиздат, 1986, с. 566

УДК 624.073:691.714.004.15

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ ПРИ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК И ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

к.т.н., доц. Гапонова Л.В.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Актуальность исследований. В настоящее время широкое распространение получили сталебетонные плиты покрытий и перекрытий промышленных и гражданских зданий. В работах [1, 2, 3] авторы отмечают, что сталь и бетон в сталежелезобетонных элементах работают совместно на всех этапах нагружения. Отмеченные конструкции имеют преимущество по сравнению с традиционными железобетонными. Это: простота в технологии изготовления; эффективное использование прочностных свойств. Особенно с применением легких теплогидроизоляционных материалов. Рекомендуемые в настоящее время в строительных нормах теплотехнические методы расчета ограждающих конструкций основаны на стационарных методах. Эти методы

не в полной мере обосновывают влияние кратковременных климатических и других воздействий на изменение тепловлажностного состояния наружных ограждающих конструкций. Как следствие, при проектировании зданий и сооружений многие вопросы решаются на эмпирическом уровне. Все сказанное обуславливает актуальность исследований в этой области.

Анализ исследований. Надежность ограждающих конструкций промышленных зданий и сооружений зависит от безотказности работы ограждающих конструкций и их долговечности [4]. В таблице 1 приведены факторы, влияющие на надежность ограждающих конструкций промышленных зданий и сооружений.

Таблица 1

Факторы, влияющие на надежность

Эксплуатационные воздействия	Физико-механические свойства	
	Силовая теплозащита	Влагозащита
Постоянные и временные нагрузки	Прочность	Гидроскопическая влажность
Температура воздуха	Модуль деформации	Водопоглощение
Влажность воздуха	Теплопроводность	Влагостойкость
Ветровая нагрузка	Теплоустойчивость	Водопроницаемость
Атмосферная влага	Огнестойкость	Паропроницаемость
Пожарные воздействия	Токсичность	Воздухопроницаемость

Расчет строительных конструкций по первой и второй группе предельных состояний является полувероятностным и как следствие расчет надежности строительных конструкций является развитием существующего ныне метода расчета по предельным состояниям. Особенностью вероятностных методов расчета является использование в расчетах среднестатистических характеристик свойств материалов, нагрузок и других параметров.

Цель и задачи исследований. Целью данной работы является оценка надежности сталебетонных плит покрытий. Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. Определить вероятность отказа сталебетонной конструкции на начало и конец эксплуатации (при $t=50$ лет, $t=100$ лет).
2. Определить остаточный ресурс сталебетонной плиты.
3. Выполнить расчет нестационарного влажностного режима современных ограждающих конструкций, рассмотрев сталебетонную плиту перекрытия, сочетающую в себе функции несущей и теплоизолирующей конструкции.

Методика исследования. Проанализируем изменение вероятности отказа сталебетонных плит покрытия во времени. Считая, что постоянные нагрузки подчиняются нормальному закону распределения, а временные – двойному экспоненциальному распределению, задача формулируется в виде интегрального выражения (1), решение которого не представляется возможным получить аналитическими методами.

$$\begin{aligned}
 W(t) &= 1 - \int_{-\infty}^0 y_3(x,t) dx, \\
 \text{где} \quad y_3(x,t) &= \int_{-\infty}^{\infty} y_1(z,t) \cdot y_2(z+x,t) dz, \\
 y_1(z,t) &= \alpha \cdot e^{-\alpha(x-u(t)) - \exp(-\alpha(x-u(t)))}, \\
 y_2(x,t) &= \frac{1}{G \xi(t) \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \xi(t))^2}{2 \cdot G(t)^2}\right), \\
 \xi(t) &= R(t) - g^{const}, \\
 G \xi(t) &= \sqrt{(G_R(t))^2 + (G_a)^2}
 \end{aligned} \tag{1}$$

В связи с этим применим инженерный метод расчёта надёжности строительных конструкций, изложенный в [5]. Смысл метода заключается в аппроксимации неизвестной заранее композиции распределений прочности и нагрузки соответствующими стандартными аппроксимационными зависимостями для нормального и двойного экспоненциального распределений с коэффициентами, специально найденными для этой композиции из соотношений:

$$n_{\psi}(t) = \frac{\bar{\psi}(t)}{\sigma_{\psi}(t)} = z - \frac{2,0686 - 0,4214z}{1 + 0,3149z - 0,091z^2}; \tag{2}$$

$$z = \sqrt{\ln \frac{1}{P^2(t)}}; \tag{3}$$

где: $P(t)$ - вероятность отказа в момент времени t (как правило, при $t=1$ и $t=T$); T - время эксплуатации (нормированное или на момент обследования).

При анализе определялась вероятность отказа сталебетонной плиты покрытия, нагруженной равномерно распределённой нагрузкой, на начало и конец срока эксплуатации при различных соотношениях толщины слоя пенобетона и утеплителя, рис. 1.

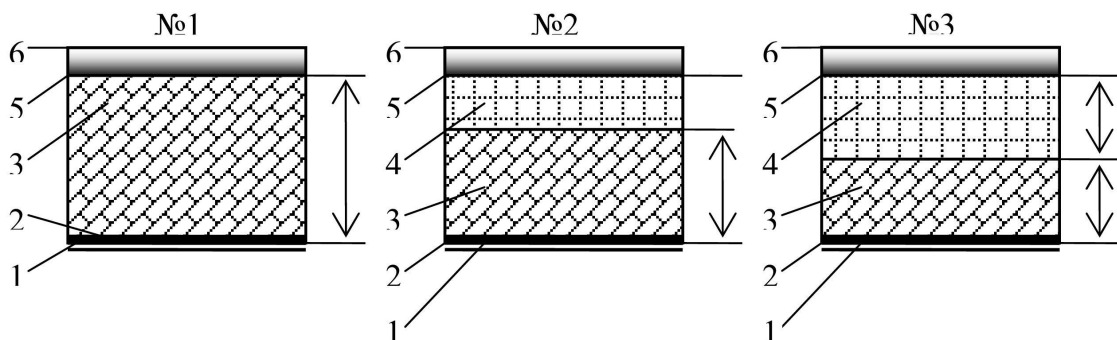


Рис. 1. – Схемы сталебетонных плит с утеплителем.

1 – гидроизоляция (на основе полимочевины); 2 – стальной лист; 3 – пенобетон $\rho=1200 \text{ кг/м}^3$; 4 – минераловатный утеплитель $\rho=65 \text{ кг/м}^3$; 5 – цементно-песчаная стяжка; 6 – рублироидный ковёр.

Одновременно оценивались эти показатели для железобетонного балочного перекрытия, работающего в тех же условиях. Численные параметры, характеризующие рассматриваемые конструкции, приведены в таблице 4.

Таблица 4.
Характеристики строительных конструкций перекрытий

Показатели	Ед. изм.	Сталебетонное покрытие			Покрытие по балочной схеме
		схема 1	схема 2	схема 3	
нагрузки					
<i>от собственной массы конструкции</i>					
гидроизоляция	МПа	21,5 (0,05)	21,5 (0,05)	21,5 (0,05)	-
плита покрытия	МПа	4864 (0,03)	3685 (0,03)	2745 (0,03)	4750 (0,03)
пароизоляция	МПа	-	-	-	280 (0,05)
утеплитель	МПа	-	64 (0,15)	128 (0,15)	850 (0,15)
цементно-песчаная стяжка	МПа	700 (0,1)	700 (0,1)	700 (0,1)	700 (0,1)
рубероидный ковёр	МПа	950 (0,1)	950 (0,1)	950 (0,1)	950 (0,1)
<i>временные</i>					
снеговая	МПа	1400 (0,4)	1400 (0,4)	1400 (0,4)	1400 (0,4)
характеристики покрытия					
пролёт	мм	6000	6000	6000	6000
ширина	мм	3000	3000	3000	300*
высота	мм	400	300	200	550
площадь арматуры	мм ²	3000	3000	3000	1000
R_{arm}	МПа	300	300	300	400
R_{bet}	МПа	7,5	7,5	7,5	8,5

Результаты исследований. Расчёты производились путём численного решения уравнения (2) при определённых исходя из исходных данных значений индикаторов отказа n_{ψ} с последующим вычислением вероятности отказа $P(t)$ по формуле (3). Результаты расчётов приведены в таблице 5 и представлены на рис.2, 3.

Таблица 5

Результаты расчетов вероятности отказа и надежности плит покрытий

Вероятность отказа при t=	схема 1	схема 2	схема 3	балочное перекрытие
P_0 (нач. экспл.)	4,8503E-07	4,2251E-07	5,3633E-07	1,3349E-06
P_{50} (50 лет)	5,2800E-07	4,4585E-07	6,5159E-07	4,0649E-05
P_{100} (100 лет)	5,3974E-07	4,5206E-07	6,9136E-07	1,2341E-04
Надёжность при t=	схема 1	схема 2	схема 3	балочное перекрытие
W_0 (нач.экспл.)	0,999999515	0,99999958	0,99999946	0,99999867
W_{50} (50 лет)	0,999999472	0,99999955	0,99999935	0,99995935
W_{100} (100 лет)	0,99999946	0,99999955	0,99999931	0,99987659

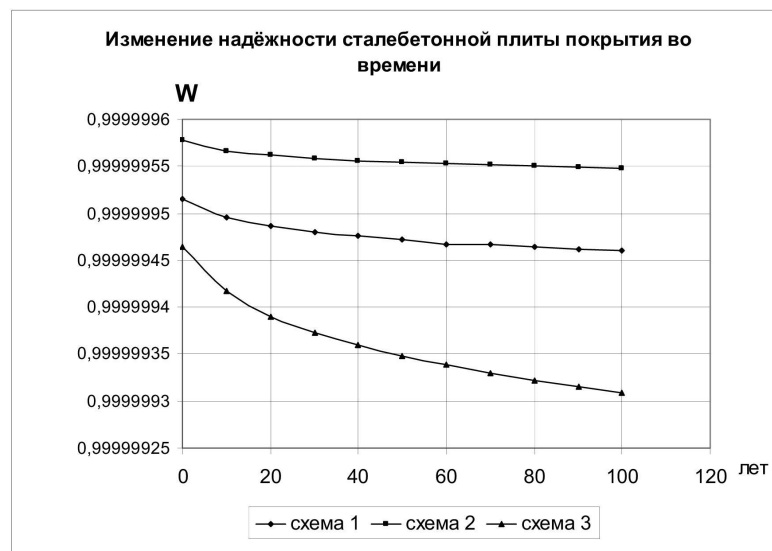


Рис.2. – Изменение надёжности сталебетонной плиты покрытия во времени

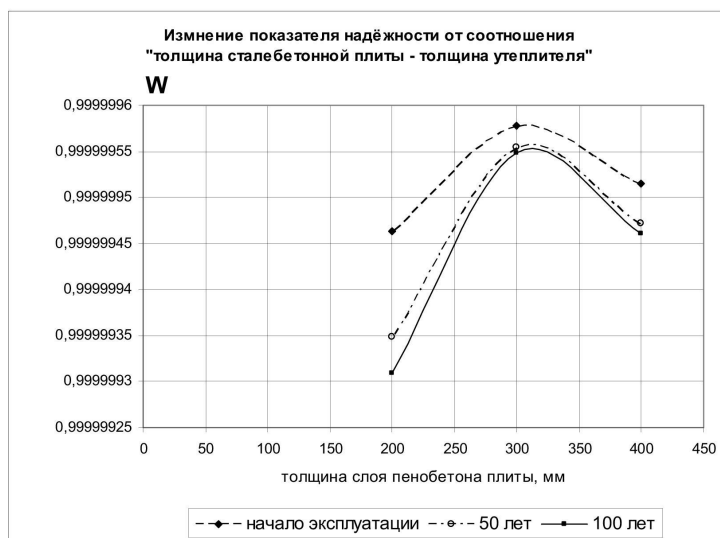


Рис.3. – Изменение показателя надёжности от соотношения «толщина сталебетонной плиты - толщина утеплителя»

Применим методику, предложенную К.Ф.Фокиным [6], и выполним расчет нестационарного влажностного режима современных ограждающих конструкций. Рассмотрим сталебетонную плиту перекрытия [7], сочетающую в себе функции несущей и теплоизолирующей конструкции. Плита включает многопустотную пенобетонную плиту, армированную стальной мембраной, расположенной в нижнем поясе плиты. Дифференциальное уравнение для диффузии водяного пара имеет следующий вид:

$$\frac{\partial e}{\partial z} = \frac{\mu}{\xi \gamma} \cdot \frac{\partial^2 e}{\partial x^2} \quad (4)$$

e -упругость водяного пара;

μ - коэффициент пароемкости материала;

ξ - удельная пароемкость материала.

Для определенного значения относительной упругости водяного пара величина относительной пароемкости материала будет:

$$\xi_0 = \frac{d\omega}{d\varphi} 1000, \quad \xi = \frac{\xi_0}{E}, \quad (5)$$

где E – максимальная упругость водяного пара, соответствующая температуре t .

Рассмотрена общая формула для определения упругости водяного пара в любой плоскости через интервал времени ΔZ по упругостям в этой же плоскости и в двух соседних плоскостях в предыдущий момент (6, 7).

$$\frac{\partial e}{\partial z} = \frac{\mu}{\xi_0 \gamma} E_t \frac{\partial^2 e}{\partial x^2} \quad (6)$$

$$\frac{\Delta e}{\Delta Z} = \frac{\mu}{\xi_0 \gamma} E_t \frac{\Delta^2 e}{\Delta x^2} \quad (7)$$

Расчет изменения упругости водяного пара во времени сводится к последовательному вычислению упругостей во всех плоскостях стенки через равные интервалы времени ΔZ (8, 9).

$$e_{n,z+1} = e_{n,z} + \frac{\mu}{\xi_0 \gamma} E_n \frac{\Delta Z}{\Delta x^2} (e_{n+1,z} - 2e_{n,z} + e_{n-1,z}) \quad (8)$$

$$\Delta e_0 = \frac{2\Delta Z}{\Delta x \gamma \xi_0} E_0 \left(\frac{e_s - e_{0,z}}{R_{s.n}} - \frac{e_{0,z} - e_{1,z}}{R\Delta n} \right) \quad (9)$$

где Δe_0 - изменение упругости водяного пара на поверхности, граничащей с воздухом, за время ΔZ в мм. рт. ст.;

E_0 – максимальная упругость водяного пара на этой поверхности в мм. рт. ст.

$$e_{0,z+1} = \frac{R_{\Delta n} e_s + R_{s.n} e_{1,z}}{R_{s.n} + R_{\Delta n}} \quad (10)$$

Сезонное изменение влажности в сталебетонной плите описывается следующей функцией:

$$y = a + b * \cos(cx + d) \quad (11)$$

где: $a = 4.728$; $b = 0.948$; $c = 0.523$; $d = -0.449$ – постоянные коэффициенты.

Выводы.

1. Выполненные расчеты сезонного распределения влажности в сталебетонной плите при нестационарных условиях показывают, что изменение влажности не превышает допустимых пределов - 6%.

2. покрытие на основе сталебетонных плит показывает расчётную надёжность на один – два порядка выше перекрытий, выполненных по традиционной балочной схеме, что может быть объяснено избыточным армированием сталебетонных плит в силу их конструктивной схемы;

3. как видно из полученных результатов, сталебетонное покрытие, выполненное по схеме 2, имеет наилучшие показатели надёжности, что позволяет сделать предположение о возможности оптимизации конструкции по этому показателю при варьировании соотношения «толщина бетона – толщина утеплителя», что является предметом дальнейшего исследования.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Патент России на изобретение № 2140500. Сталебетонное перекрытие. / Чихладзе Э.Д., Колчунов В.И., Стафинова Е.В. – Оpubл. Бюл.№ 30 от 27.10 1999.
2. АС СССР №1647101 , Е 04 В 5/40. Перекрытие. / Чихладзе Э.Д. и др. – Оpubл. Бюл.№ 17 от 07.05.1991.
3. Стороженко Л.И., Нижник О.В., Крупченко О.А. Сталезалізобетонні часторебристі перекриття: Монографія. – Полтава: «АСМІ», 2008. – 164с.
4. Гаевой А.Ф., Качура Б.А. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона. – Х.: Вища школа, 1978. – 224с.

5. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. М.: АСВ, 2008. – 184с.
6. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.
7. Гапонова Л.В. Компьютерные исследования теплофизических свойств сталебетонных плит // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ» (за напрямом «Інженерна механіка»). Вип. 25, частина I. – Луцьк: ЛНТУ- С.83-88.

УДК 691.792.6:69.059.25

ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АКРИЛОВЫМИ КЛЕЯМИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

к.т.н., доц. Гарбуз А.О., к.т.н., доц. Золотова Н.М.

Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

При строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений выполняются работы по соединению старого бетона с новым. Такие работы выполняются при возведении монолитных массивных бетонных и железобетонных конструкций, восстановлении и изменении их габаритов и конфигурации. С целью улучшения сцепления и увеличения прочности соединения старого бетона с новым в последнее время получили применение различные полимерные клеи и композиции [1-3]. Соединение бетонов акриловыми клеями имеет ряд преимуществ перед использованием для этих целей других клеев. Они по адгезионным и когезионным свойствам не уступают существующим (например, эпоксидным), но обладают лучшими технологическими свойствами и стоят дешевле указанных на 16-24% [4].

В Харьковской национальной академии городского хозяйства разработана технология соединения старого бетона с новым акриловыми клеями, которая представлена и подробно описана в работах [5-7].

Разработке этой технологии предшествовал комплекс экспериментальных исследований, который включал: изучение способов очистки поверхности старого бетона [6], а также механизированного способа нанесения акрилового клея на подготовленную поверхность бетона [7].

В связи с использованием указанной технологии в строительстве были проведены экспериментальные исследования прочности соединения старого бетона с новым акриловыми клеями. При этом устанавливалось влияние на прочность клеевых соединений технологических факторов, возраста нового бетона, времени отверждения клеев и отрицательных температур при бетонировании. Образцы (40x40, 70x70, 100x100 и 150x150 мм) испытывали при воздействии растягивающих, сдвигающих (при сжатии) и изгибающих усилий.

При бетонировании массивных конструкций (например, фундаментов) зачастую имеют место технологические перерывы и прочность старого бетона в этот период изменяется в довольно широких пределах. Поэтому были проведены эксперименты по определению влияния данного фактора на