

Сравнивая полученные экспериментальным и аналитическим путем данные мы видим, что места появления трещин на опытных образцах абсолютно совпали с участками концентрации напряжений на расчетных моделях. Данные по прогибам балок представим в табличной форме.

*Таблица 1*

*Сравнение величин экспериментальных прогибов балок в центре с расчетными по результатам численного анализа при приложении нагрузки N=500 кг.*

серия	№ пп	Экспериментальные $f, \text{мм}$	расчетные $f, \text{мм}$	$f/f$
I (6 отв.)	Б-1	0,337	0,34	1.097
	Б-2	<b>0,31</b>		
	Б-3	0,329		
II (1 отв.)	Б-4	<b>0,25</b>	0,27	1.08
	Б-5	0,215		
	Б-6	0,25		
III (3 отв.)	Б-7	0,5	0,54	1.08
	Б-8	<b>0,5</b>		
	Б-9	0,465		

Примечания: значения  $f/f$  вычислены по выделенным параметрам.

Характер изменения прогибов от нагрузки на одной опоре представлен на графике (рис.4), из которого следует, что до появления первых трещин наименьшей жесткостью обладает балка Б-8 с тремя пустотами.

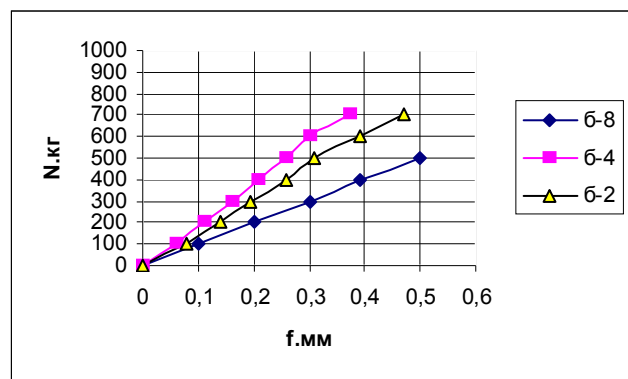


Рис. 4. Характер развития прогибов в опытных образцах.

Появление первых трещин может быть принято за момент разрушения системы, так как арматура, размещена в центре сечения каждого элемента балки и предназначена для исключения обрушения установки.

Балка Б-4 оказалась наиболее жесткой, в ней не проявились деформации от воздействия перерезывающих сил.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Бильченко А.В., Молодченко Г.А., Шипель Л.В. Исследование жесткости ограждающих панелей стены в грунте с поперечными пустотами // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1982. – № 2 – С. 9-13.
2. Псурцева Н.А., Сироменко А.Н. и др. Оценка напряженно-деформированного состояния зданий жилищно-гражданского комплекса // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 10. – Рівне, 2003. – С. 195-201.
3. Лугченко Е.И. Напряженно-деформированное состояние перфорированных балок // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Сер. «Технические науки». Вып. 72. – К.: Техника, 2006. – С. 65-70.

### УДК 624.012.45 ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО КОНТАКТУ СДВИГА ДВУХ ТЕЛ

*Г.А. Молодченко, д.т.н., А.Н. Сироменко, А.Ю. Кулаков, ассистенты  
Харьковская национальная академия городского хозяйства.*

Задача расчета распределения напряжений сдвига по контакту двух тел представляет практическую значимость, так как дает возможность оценить не только характер распределения напряженно- деформированного состояния в системе смещаемых друг относительно друга отдельных элементов, но и уровень возникающих при этом касательных напряжений по контакту взаимодействия. Как и в работе [1] будем рассматривать систему в зоне взаимодействия, представленную на рис. 1.

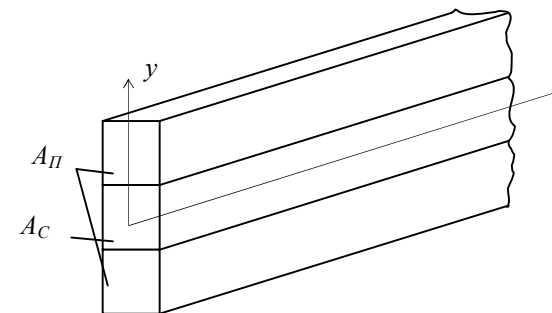


Рис. 1. Схема сопряжения элементов системы

Эта система в наибольшей степени отражает совместную работу плит перекрытий и стен при монолитном домостроении. В случае рассмотрения силового взаимодействия конструкций дорожных покрытий или полов производственных зданий, устраиваемых непосредственно на грунтовом основании, а также аналогичных им систем решение задачи может быть упрощено [2].

Описываемая система состоит из трех стержней с площадью поперечного сечения крайних из них  $A_{II}$  и среднего стержня  $A_C$ . При этом, под зоной взаимодействия стержней будем подразумевать концевые участки системы, на которых формируются касательные напряжения  $\tau$ . Остальные участки системы, где касательные напряжения отсутствуют, будем считать свободными.

Условия силового взаимодействия системы на выделенном двумя нормальными плоскостями элементарном участке  $dx$ , расположенном на расстоянии  $x$  от торца, принимаем по схеме, представленной на рис. 2.

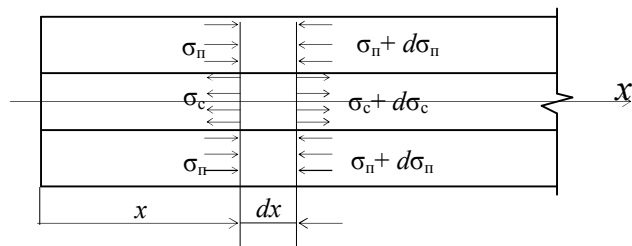


Рис. 2. Силовое взаимодействие трехслойной железобетонной системы при учете температурно-усадочных деформаций

Ось  $x$  направлена вдоль продольной оси системы.

Рассматриваем вариант решения задачи силового взаимодействия при нелинейном законе сцепления в виде

$$\tau_x = U_x \cdot V, \quad (1)$$

где 
$$U_x = k \cdot U; V = \sin^m \left( \frac{\pi x}{l} \right); \quad (2)$$

$k$  - коэффициент пропорциональности  $\left( \frac{\text{кг}}{\text{см}^3} \right)$ ;

$m$  - опытный параметр.

Введем следующие обозначения:  $\frac{A_C}{2A_{II}} = \mu; \frac{E_C}{E_{II}} = n; \frac{A_C}{2b} = \frac{h}{2} = \eta.$

Запишем условие равновесия стержней на выделенном участке

$$\mu \cdot d\sigma_C - d\sigma_{II} = 0 \quad (3)$$

и проинтегрируем

$$\mu \cdot \sigma_C - \sigma_{II} = C_0. \quad (4)$$

Условие равновесия среднего стержня с учетом касательных напряжений будет иметь вид (рис. 3)

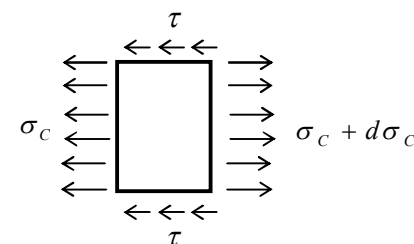


Рис. 3. К условию равновесия по формуле (5)

$$A_C d\sigma_C = 2b \cdot \tau_x dx \quad (5)$$

или: 
$$\frac{d\sigma_C}{dx} = \tau \frac{2b}{A_C}; \quad (6)$$

тогда: 
$$\frac{d\sigma_C}{dx} = \frac{\tau_x}{\eta}. \quad (7)$$

Заменим в уравнении (7)  $\tau_x$  по условию (1)

$$\frac{d\sigma_C}{dx} = \frac{k \cdot U_x}{\eta} \cdot \sin^m \left( \frac{\pi x}{l} \right) \quad (8)$$

и продифференцируем по  $x$ , тогда

$$\frac{d^2 \sigma_C}{dx^2} = \frac{k}{\eta} \left[ \frac{dU_x}{dx} \sin^m \left( \frac{\pi x}{l} \right) + U_x \frac{d}{dx} \sin^m \left( \frac{\pi x}{l} \right) \right], \quad (9)$$

где 
$$\frac{d}{dx} \sin^m \left( \frac{\pi x}{l} \right) = m \frac{\pi}{l} \cdot \sin^{m-1} \left( \frac{\pi x}{l} \right) \cdot \cos \frac{\pi x}{l}, \quad (10)$$

а из (8)

$$U = \frac{d\sigma_C}{dx} \cdot \frac{\eta}{k \cdot \sin^m \left( \frac{\pi x}{l} \right)}. \quad (11)$$

Используя условие совместности деформации в виде  $\frac{dU}{dx} = \frac{\sigma_{II}}{E_{II}} + \frac{\sigma_C}{E_C}$  и условие (4), получим:

$$\frac{dU}{dx} = \frac{\mu\sigma_c - C_0}{E_{II}} + \frac{\sigma_c}{E_c} = (1 + n\mu) \frac{\sigma_c}{E_c} - \frac{C_0}{E_{II}}. \quad (12)$$

Подставив в уравнение (9) выражения (10),(11) и (12) и выполнив преобразования получим разрешающее уравнение задачи в виде

$$\frac{d^2\sigma_c}{dx^2} - \frac{d\sigma_c}{dx} \cdot \frac{P}{tg(\frac{\pi x}{l})} - g\sigma_c \sin^m(\frac{\pi x}{l}) = -D \cdot \sin^m(\frac{\pi x}{l}); \quad (13)$$

где  $P = \frac{m\pi}{l}$ ;  $g = \frac{k}{\eta \cdot E_c} (n\mu + 1)$ ;  $D = \frac{k}{\eta} \cdot \frac{C_0}{E_{II}}$ ;

Решение уравнения (13) выполнено численно с использованием программы MAPLE.

Граничные условия задачи:

1.  $\sigma_c = 0$  при  $x = 0$  и  $x = l$ ;

2.  $C_0 = \frac{\varepsilon_{sl} \cdot E_c}{n}$ .

Параметр  $\varepsilon_{sl}$  представляет собой величину свободной усадки среднего стержня или разность свободной усадки крайних и среднего стержней.

Проанализируем полученное решение. Примем в качестве материала среднего и крайних стержней бетон класса В 20 с нормированными физико-механическими характеристиками  $E_c = E_{II} = 2,75 \cdot 10^4$  МПа,  $R_{bt,n} = 1,4$  МПа;  $\eta = 135$  см.

Далее зададимся значениями:  $n = 1,0$ ;  $\mu = 1,0$ . Неопределенными остаются следующие параметры:  $m$ ,  $l_{crc}$ ,  $\varepsilon_{sl}$ ,  $k$ .

Величину параметра  $m$ , назначим исходя из анализа представительных опытных данных ряда исследователей и примем в первом приближении  $m = 1,0$ .

Расстояние между торцами системы  $l_{crc}$  принимаем на основании статистического анализа процесса трещинообразования, выполненного в процессе возведения 9-ти этажного монолитного жилого дома [3]. Среднее значение  $l_{crc}$  в продольных и поперечных несущих стенах составило 3,9м.

Учитывая сложность определения разности деформаций свободной усадки  $\varepsilon_{sl}$  между плитами перекрытий и стеновыми панелями, воспользуемся приведенным решением (13), приняв дополнительное условие, при котором растягивающие напряжения в панелях достигают максимальных значений  $\sigma_c^{max} = R_{bt,n}$ . Из полученного семейства аффиноподобных кривых в системе координат  $k - \sigma_c$  (рис.4) получим для класса бетона В 20  $\varepsilon_{sl} = 0,000103$  и  $k = 2,5 \cdot 10^3 \frac{МПа}{см}$ .

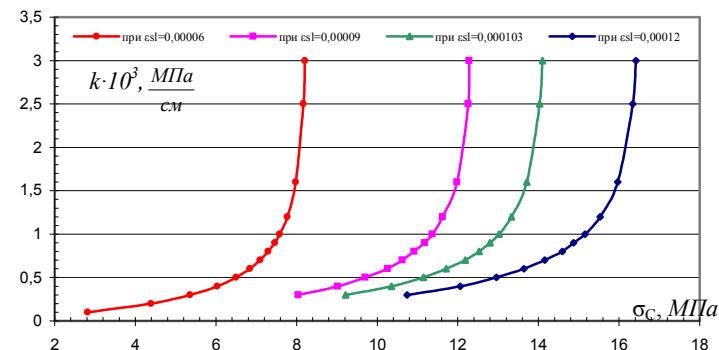


Рис. 4. Связь напряжений  $\sigma_c$  на свободном участке с коэффициентом пропорциональности  $k$

Следует заметить, что на величину коэффициента  $k$  прочность бетона не оказывает влияния.

Используя полученные характеристики процесса построены графики изменения нормальных  $\sigma_c$  и касательных  $\tau_x$  напряжений по плоскостям сопряжения стен и перекрытий (рис.5).

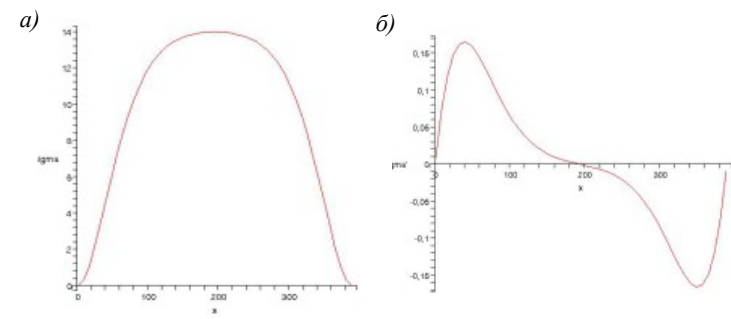


Рис.5. Нормальные  $\sigma_c$  (а) и касательные  $\tau_x$  (б) напряжения по контакту стержней системы

**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Молодченко Г.А., Сироменко А.Н. Силовое взаимодействие трехслойной железобетонной системы при учете температурно-усадочных деформаций.// Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Сер. «Технические науки и архитектура». Вып.69. – К.: Техника, 2006. – С 345-350.

2. Маслов Г.Н. Элементарные статические расчеты сооружений на температурные изменения. Известия НИИ гидротехники, т. XXVI, 1940. – С 131-176.
3. Сироменко А.Н., Кулаков А.Ю. Экспериментальные исследования НДС плитных железобетонных элементов при температурно-усадочных воздействиях // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Сер. «Технические науки и архитектура». Вып. 60. – К.: Техника, 2004. – С. 65-75.

УДК 69.033

### ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИКАРБОНАТА В КОНСТРУКЦИЯХ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

*Мустафа Ахмед Муса*

*Запорожская государственная инженерная академия*

Существующие системы быстровозводимых - мобильных зданий [1] разработаны на базе обобщения длительного опыта применения временных сооружений как непосредственно в строительстве, так и в качестве средств обеспечения различных технологических нужд объектов народного хозяйства, которые эксплуатировались в удаленных районах. Наибольшее распространение получила система из девяти серий УТС (универсальных типовых сооружений), которая реализована рядом типовых проектов, различающихся назначением, видом используемых материалов, принятой конструктивной схемой и другими параметрами. При этом, изготовлением конструкций мобильных зданий этой системы занимались десятки предприятий различных министерств и ведомств

**Анализ проблем возникающих при проектировании мобильных зданий.** В самом названии мобильные или быстровозводимые здания содержат условие, определяющее главный принцип, заложенный при их проектировании, т.е. при выполнении основной технологической предназначенности, здание должно обладать повышенной технологичностью в изготовлении, обеспечивать быстроту установки в проектное положение и удобно в транспортировке. При этом последнее предполагает не только обеспечение скорости доставки на стройплощадку и наличие приспособлений ее облегчающих, но и экономичность указанных операций. Рассмотрим некоторые из типов мобильных зданий в этом аспекте. Если применение блок – контейнеров (серии 420-01 – 420-04) ускоряет и облегчает как перевозку так и установку здания на стройплощадке с одновременным удорожанием стоимости перевозки за счет необходимости перемещения на большие расстояния объемных предметов, содержащих в основном воздух, то применение временных зданий серии 420-06 – 420-09 сопровождается совершенно противоположной структурой затрат [2]. Кроме того, повышение уровня жизни и культуры производства требует совершенствования

конструкции зданий, т.к. в рамках существующей системы, которая была разработана более еще в СССР, реализовать современные требования представляется достаточно сложным, если не невозможным вообще. Перспективы развития конструкций зданий такого типа, показанные в [3], пока еще не нашли своей реализации в проектах, хотя свойства появившихся сегодня новых материалов создают предпосылки для устранения противоречий между трудоемкостью строительно-монтажных работ и транспортными расходами. Одним из таких материалов есть поликарбонат, производство которого освоено на Днепропетровском заводе компании «Stronex», и который отличается повышенной стойкостью к атмосферным воздействиям, невысокой плотностью, легкостью в обработке и высокими физико-механическими характеристиками.

**Целью работы** является изучение возможности применения поликарбоната в конструкциях быстровозводимых - мобильных зданий.

#### Материал исследования

Производимый в Днепропетровске поликарбонатный лист аналогичен монолитному поликарбонату Lexan®, типовые свойства которого представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Типовые свойства монолитного листа Lexan®

	Стандарт DIN	Ед. измерения	
Относительная плотность	53479		1,20
Предел прочности при растяжении	53455	N/mm <sup>2</sup>	>60
Предел прочности при разрыве	53455	N/mm <sup>2</sup>	>70
Относительное удлинение при растяжении	53455	%	6-8
Относительное удлинение при разрыве	53455	%	>100
Модуль упругости при изгибе	53455	N/mm <sup>2</sup>	2500
Прочность при изгибе	53452	N/mm <sup>2</sup>	>100
Температура термостойкости Вика VST/B	53460	°C	>145-150
Удельная теплопроводность	52612	W/моС	0.21
Измерено на образцах, полученных при литье под давлением			