

9. Горленко М.В. Некоторые биологические аспекты биодеструкции материалов и изделий // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 9-17.
10. De Belie N., Richardson M., Braam C.R., Svennerstedt B., Lenehan J.J., Sonck B.; Durability of building materials and components in the agricultural environment: Part I, The agricultural environment and timber structures. Journal of Agricultural Engineering Research, 75, 2000. P. 225-241.
11. Билай В. И., Коваль Э. З. Грибы, вызывающие коррозию // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. Киев, 1978. С. 19-21.
12. Определитель бактерий Берджи в 2 томах. Том 1 / под. ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса // пер. с англ. под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. 429 с.
13. Определитель бактерий Берджи. В 2 томах. Том 2 / под. ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса // пер. с англ. под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. 368 с.
14. Злочевская И. В. Биоповреждения каменных строительных материалов микроорганизмами и низшими растениями в атмосферных условиях // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 257-271.
15. Коваль Э. З., Серебренник В. А., Рогинская Е. Л., Иванов Ф. М. Микодеструкторы строительных конструкций внутренних помещений предприятий пищевой промышленности // Микробиол. журн. 1991. Т. 53, № 4. С. 96-103.
16. Sand W.; Microbial corrosion and its inhibition. In: Rehm H.J. (Ed.), Biotechnology, Vol. 10, 2nd ed., Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2001. P. 267-316.
17. Cwalina B. Biodeterioration of Concrete. Architecture Civil Engineering Environment, 2008. No 1, P. 133-140.

© О. В. Ледяйкина, А. И. Родин, Д. Ю. Власов

#### Ссылка для цитирования:

О. В. Ледяйкина, А. И. Родин, Д. Ю. Власов. Видовой состав микроорганизмов, выявленных на образцах цементных композитов, экспонированных в условиях воздействия ультрафиолетового облучения и циклически действующих температурно-влажностных факторов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 3 (33). С. 16–22.

УДК 666.981.1

DOI: 35108/isvp20203(33)22-26

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗИРОВКИ ФИБРЫ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

**М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина, С. М. Саденко, К. А. Крайнова**

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Россия*

В статье приводятся результаты исследования свойств мелкозернистого фибробетона в зависимости от дозировки полипропиленовой микрофибры и продолжительности ее перемешивания с бетонной смесью. Проведенные исследования показали, что полипропиленовая микрофибра снижает удобоукладываемость мелкозернистой бетонной смеси. Установлено, что увеличение дозировки полипропиленовой микрофибры и продолжительности перемешивания фибробетона оказывают наибольшее влияние на его стойкость к ударным воздействиям и истираемость. Показано, что исследованная фибра не оказывает влияние на усадку бетона и снижает прочность при сжатии, что может быть связано с низким модулем упругости полипропиленового волокна. В связи с повышенной стойкостью бетона с полипропиленовой микрофиброй к ударным воздействиям и истиранию такой бетон рекомендуется для производства изделий и конструкций транспортного строительства.

**Ключевые слова:** мелкозернистый фибробетон, полипропиленовая фибра, удобоукладываемость, прочность при сжатии, прочность при изгибе, прочность при ударном воздействии, истираемость, усадка.

## STUDY OF EFFECT OF FIBER DOSAGE AND DURATION OF MIXING ON PROPERTIES OF FINE-GRAINED CONCRETE

**M. O. Korovkin, N. A. Eroshkina, S. M. Sadenko, K. A. Krainova**

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia*

The results of studying the properties of fine-grained fiber-reinforced concrete depending on the dosage of polypropylene microfiber and the duration of its mixing with concrete mixture are given. Studies have shown that the polypropylene microfiber reduces workability of fine-grained concrete mix. It was found that an increase in polypropylene microfiber dosage and the duration of mixing have the greatest effect on resistance to shock and abrasion of fiber-reinforced concrete. It is shown that the investigated fiber has no effect on the shrinkage of concrete and reduces the compressive strength, which may be due to the low modulus of elasticity of the polypropylene fiber. Due to the increased resistance of concrete with polypropylene microfiber to impact and abrasion, such concrete is recommended for the production of products and structures for transport construction.

**Key words:** fine-grained fiber concrete, polypropylene fiber, workability, compressive strength, flexural strength, impact strength, abrasion, shrinkage.

### Введение

Применение дисперсного армирования относится к числу наиболее активно развивающихся направлений современной технологии бетона. Использование полимерной фибры взамен стальной позволяет снизить стоимость

фибробетона и получить новые технологические и технические эффекты [1–3].

К числу наиболее перспективных видов полимерной фибры относится полипропиленовое волокно. Этот вид фибры характеризуется низкой стоимостью, низким модулем упругости, высоким коэффициентом удлинения и корро-

зионной стойкостью [0–3]. Высокая коррозионная стойкость позволяет применять фибру при воздействии кислот и щелочей, что особенно важно для бетонов, твердение которых активируется щелочными растворами [4].

Многие авторы [5–8] считают важнейшим направлением использования полипропиленовой фибры в технологии бетона ее применение в качестве одного из наиболее эффективных методов пассивной противопожарной защиты, т. к. этот вид фибры снижает вероятность взрывного откалывания при огневом воздействии.

Одним из наиболее перспективных направлений применения полипропиленовой микрофибры является повышение технологических и эксплуатационных свойств безавтоклавных ячеистых бетонов [5, 9, 10].

Несмотря на достаточно большое число публикаций, посвященных влиянию этого вида фибры на технологические и эксплуатационные свойства бетонов, эта добавка остается еще недостаточно изученной. Данные исследований различных авторов по влиянию полипропиленового волокна противоречивы в отношении прочности при сжатии [1, 5, 8, 11–14], удобоукладываемости [1, 13–15], усадки [5, 7, 10, 12, 14] и других свойств. Противоречивость данных можно объяснить отличиями свойств полипропиленовой фибры различных производителей, а также в технологии приготовления фибробетонной смеси.

Основной технологической проблемой в производстве фибробетона является достижение равномерного распределения волокна в матрице бетона. Для решения этой задачи используются различные способы приготовления бетонной смеси [13, 14, 16]. Наиболее значимыми технологическими факторами в производстве фибробетона являются дозировка фибры и продолжительность или интенсивность перемешивания смеси.

Для изучения зависимости основных свойств фибробетона от содержания в нем полипропиленовой микрофибры и продолжительности ее перемешивания с бетонной смесью было исследовано влияние этих факторов на удобоукладываемость смеси, прочность при изгибе, сжатии и ударном воздействии мелкозернистого фибробетона, а также его усадку и истираемость.

#### Методы и материалы для исследования

Для исследования был использован двухфакторный план эксперимента, в котором значения факторов варьировались на 3-х уровнях. В качестве основного уровня для дозировки микрофибры ( $x_1$ ) принято значение 0,5 %, а для продолжительности перемешивания ( $x_2$ ) – 8 минут. Интервал варьирования для этих факторов был принят 0,5 % и 3 минуты, соответственно. План эксперимента в кодированном и натуральном выражении фак-

торов приведен в таблице 1. С помощью программы Gradient по результатам эксперимента после их статистической обработки находились эмпирические зависимости вида  $y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + a_{11} \cdot x_1^2 + a_{22} \cdot x_2^2$ , где  $x_1$  и  $x_2$  – значения факторов в кодированном выражении;  $a_0, a_1, a_2, a_{12}, a_{11}, a_{22}$  – коэффициенты уравнения, рассчитанные методом наименьших квадратов. По полученным уравнениям строились графики зависимости свойств мелкозернистого бетона от исследованных факторов.

Исследования проводились на мелкозернистом бетоне состава: портландцемент ПЦ 500-Д0-Н (ООО «Азия Цемент») – 580 кг/м<sup>3</sup>, песок сурского месторождения с  $M_k = 1,53–1450$  кг/м<sup>3</sup>, вода – 260 л/м<sup>3</sup>, суперпластификатор Glenium SKY 591–1,74 кг/м<sup>3</sup>. Готовилось по 3 л бетонной смеси, которая перемешивалась с помощью строительного миксера в течение 5 минут. После приготовления смеси в нее вводилась полипропиленовая микрофибра ВСМ-II-6(0,6) длиной 6 мм. Количество этой добавки и продолжительность ее перемешивания с готовой смесью соответствовало плану эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

**Матрица плана эксперимента для составов мелкозернистого бетона с использованием полимерной микрофибры**

№ состава	Значения факторов плана			
	в кодированном выражении		в натуральном выражении	
	$x_1$	$x_2$	фибра, %	продолжительность перемешивания, мин
1	-1	-1	0	5
2	1	-1	1	5
3	-1	1	0	11
4	1	1	1	11
5	-1	0	0	8
6	1	0	1	8
7	0	-1	0,5	5
8	0	1	0,5	11
9	0	0	0,5	8

Удобоукладываемость (консистенция) мелкозернистой бетонной смеси характеризовалась расплывом конуса (Р.К.) на встряхивающем столике по ГОСТ 310.4.-81.

Для определения прочности и усадки бетона изготавливались образцы с размерами 40×40×160 мм. Для определения истираемости использовались образцы с размерами 70×70×70 мм, а для оценки стойкости к ударному воздействию – образцы диаметром и высотой 36 мм.

Образцы твердели в течение 28 суток в воздушно-влажностных условиях, после чего определялась их прочность при изгибе ( $R_{и}$ ) и сжатии ( $R_{сж}$ ) по ГОСТ 310.4-81, а истираемость ( $G$ ) – по ГОСТ 13087-2018 на круге истирания ЛКИ-3. Усадка ( $U$ ) определялась на образцах размером 40×40×160 мм по изменению расстояния между

реперами из нержавеющей стали, установленными в образцы при их формировании.

Стойкость к ударным воздействиям ( $R_y$ ) определялась с помощью копра КИ по энергии разрушения, которая рассчитывалась по формуле

$$R_y = m \cdot g \cdot (1 + 2 + 3 + \dots + n) / S,$$

где  $m$  – масса подвижной части копра ( $m = 2$  кг);

$g$  – ускорение свободного падения, ( $9,81$  м/с<sup>2</sup>);

$n$  – количество ударов, которые выдержал образец;

$S$  – площадь сечения образца, м<sup>2</sup>.

### Результаты исследований

Результаты нахождения коэффициентов эмпирических уравнений приведены в таблице 2. Коэффициенты уравнения для усадки не приводятся в связи с тем, что они статистически незначимы по  $t$ -критерию Стьюдента.

Таблица 2

**Значения коэффициентов эмпирических уравнений**

Свойства	Значения коэффициентов					
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_{12}$	$a_{11}$	$a_{22}$
Расплав конуса	149,8	-18,33	1,33	0*	-6,4	0
Прочность при изгибе	6,1	0,617	0,217	-0,1	-0,083	0
Прочность при сжатии	39,96	-2,17	1,03	-3,48	0	0
Ударная прочность	8,27	3,43	0,817	0	0	0
Истираемость	0,757	-0,117	-0,032	-0,03	0,043	0

\*Значение коэффициента статистически незначимо.

На рисунке 1 представлена графическая зависимость расплыва конуса мелкозернистой фибробетонной смеси от дозировки фибры и продолжительности ее перемешивания с бетонной смесью, построенная по коэффициентам уравнения в таблице 1.

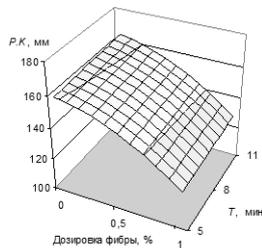


Рис. 1. Влияние дозировки фибры и продолжительности перемешивания на расплыв конуса фибробетонной смеси

Как видно из графика на рисунке 1, увеличение расхода фибры значительно снижает удобоукладываемость бетонной смеси. Это можно объяснить фактором трения между поверхностью высокодисперсных волокон и цементным тестом. Негативное влияние фибры при необходимости может быть уменьшено за счет повышения дозировки суперпластификатора. Увеличение продолжительности перемешивания фибры с бетонной смесью практически не оказывает влияния на консистенцию смеси.

Анализ графика на рисунке 2 и коэффициентов в таблице 2 показывает, что дозировка фибры и продолжительность перемешивания оказывают положительное влияние на прочность при изгибе бетона. Это обусловлено армирующим действием фибры на цементный камень и увеличением однородности ее распределения в материале.

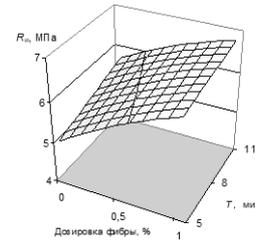


Рис. 2. Влияние дозировки фибры и продолжительности перемешивания на прочность мелкозернистого бетона при изгибе

Как видно из графика на рисунке 3, увеличение дозировки фибры приводит к снижению прочности при сжатии, что связано, по нашему мнению, с пониженным модулем упругости, характерным для полипропиленовой фибры [1]. Введение в состав бетона микрофибры разуплотняет цементный камень за счет воздухововлечения и образования «комков» фибры. При этом продолжительность перемешивания и увеличение однородности распределения этой добавки в бетоне не повышает прочность при сжатии. Полученные результаты не подтверждают данные некоторых авторов о повышении прочности при сжатии бетона при введении в его состав полипропиленовой фибры [13, 17].

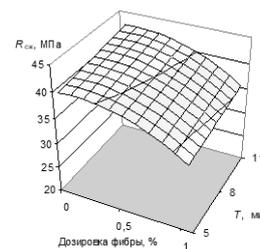


Рис. 3. Влияние дозировки фибры и продолжительности перемешивания на прочность мелкозернистого бетона при сжатии

Наибольшее влияние увеличение дозировки фибры и продолжительность ее перемешивания со смесью оказывает на стойкость бетона к ударным воздействиям, которая в соответствии с рисунком 4 может повыситься более чем в 2 раза. Такое действие фибры связано с ее высоким коэффициентом удлинения, который по данным [1] характерен для полипропиленового волокна. Это обеспечивает значительное повышение вязкости разрушения микроармированного цементного камня.

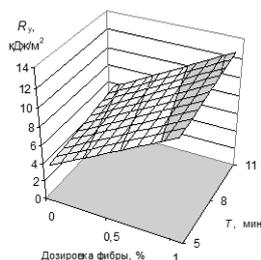


Рис. 4. Влияние дозировки фибры и продолжительности перемешивания на энергию разрушения мелкозернистого бетона при ударном воздействии

Исследованная фибра значительно снижает истираемость мелкозернистого бетона (рис. 5). Это, по нашему мнению, может быть связано со снижением крошения цементного камня на микроуровне при воздействии абразивных частиц. Кроме того, истираемость может снижаться благодаря смазывающему действию полипропилена.

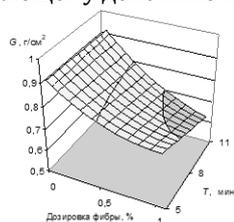


Рис. 5. Влияние дозировки фибры и продолжительности перемешивания на истираемость мелкозернистого бетона

Статистическая обработка результатов определения усадки образцов, которые находились в условиях лаборатории, через 90 сут показала, что влияние исследованных факторов на это свойство статистически незначимо. Это на наш взгляд закономерно, т. к. включение в состав бетона низко модульной фибры не способно заметно снизить усадочные деформации бетона.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что полипропиленовая микрофибра снижает удобоукладываемость мелкозернистой бетонной смеси. Наиболее значительное влияние исследованная фибра оказывает на прочность при изгибе, ударную прочность и истираемость мелкозернистого бетона. В связи с этим представляется, что рациональная область использования полипропиленовой микрофибры в технологии бетона – это производство изделий и конструкций, разрушение которых происходит в основном при истирании и ударных воздействиях – промышленных полах и транспортных сооружениях.

Дозировка полипропиленовой микрофибры и продолжительность ее перемешивания с бетонной смесью не оказывают влияния на усадку бетона, что связано с низким модулем упругости добавки. Возможно, что этот фактор, а также увеличение воздухоовлечения при введении микрофибры в состав смеси является причиной снижения прочности при сжатии мелкозернистого бетона.

### Список литературы

1. Пустовгар А.П., Абрамова А.Ю., Ерёмина Н.Е. Эффективность использования дисперсного армирования бетонов и строительных растворов полипропиленовой и базальтовой фиброй // Технологии бетонов. 2019. № 7-8 (156-157). С. 34-42.
2. Oh B.H., Kim J.C., Choi Y.C. Fracture behavior of concrete members reinforced with structural synthetic fibers // Engineering fracture mechanics. 2007. 4(1). P. 243-257.
3. Karimipour A. The effect of polypropylene fibres on the compressive strength, impact and heat resistance of self-compacting concrete / A. Karimipour, M. Ghalehnavi, J. De Brito, M. Attari // Structures. 2020. Vol. 25. P. 72-87.
4. Ерощкина Н.А., Коровкин М.О., Чамурлиев М.Ю. Применение полипропиленовой микрофибры в технологии геополитического мелкозернистого бетона // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2 (49). С. 217.
5. Степанова В.Ф. Развитие нормативной базы проектирования бетонных конструкций из ячеистых бетонов / В.Ф. Степанова, В.И. Савин, В.Н. Строчкин, Р.Г. Квачадзе, Е.В. Бойко // Вестник НИЦ Строительство. 2017. № 4 (15). С. 116-133.
6. Кузнецова И.С. Полипропиленовая фибра - эффективный способ борьбы со взрывообразным разрушением бетона при пожаре / И.С. Кузнецова, В.Г. Рябенкова, М.П. Корнюшина, И.П. Саврасов, М.С. Востров // Строительные материалы. 2018. № 11. С. 15-20.
7. Ляхевич Г.Д. Теоретические аспекты, экспериментальные исследования и эффективность армирования бетона органическими волокнами / Г.Д. Ляхевич, В.А. Гречухин, А.Г. Ляхевич, С.Ю. Рожанцев // Наука и техника. 2020. Т. 19. № 3. С. 215-223.
8. Голованов В.И. Прочностные характеристики фибробетона для тоннельных сооружений в условиях высоких температур / В.И. Голованов, Н.С. Новиков, В.В. Павлов, С.П. Антонов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 2. С. 63-67.
9. Баранова А.А., Боброва А.А. Дисперсное армирование ячеистого и мелкозернистого бетонов на основе микрокремнезема // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Том 9. № 4. С. 694-703.
10. Суворов И.О. Влияние вида и количества армирующих волокон на усадочные деформации фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 5 (46). С. 90-94.
11. Тахери Фард А.Р. Совместное действие стеклянной и полипропиленовой фибры на механические свойства самоуплутняющихся бетонов / А.Р. Тахери Фард, Х. Сохели, С. Рамзани Мовафах, П. Фарнуд Ахмади // Инженерно-строительный журнал. 2016. №2(62). С. 26-31.
12. Максимович С.В., Белкина И.В. исследование прочностных характеристик и усадочных деформаций полистиролбетона, армированного полипропиленовой фиброй // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент: Материалы XI Международной научно-инновационной молодежной конференции. 2019. С. 145-147.
13. Ключев А.В. Мелкозернистый фибробетон армированный полипропиленовым волокном / А.В. Ключев, С.В. Ключев, А.В. Нетребенко, А.В. Дураченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 67-72.
14. Коровкин М.О., Ерощкина Н.А., Янбукова А.Р. Исследование эффективности полимерной фибры в мелкозернистом бетоне // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4164.

15. Зотов А.Н. Исследование прочностных свойств мелкозернистых бетонов с полипропиленовой фиброй для дорожного строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 42-46.

16. Емельянова И.А., Шевченко В.И. Моделирование процесса перемешивания бетонной смеси с полипропиленовой фиброй // Технологии бетонов. 2014. № 3 (92). С. 36-37.

17. Солодкий С.Й. Дослідження тріщиностійкості важких бетонів та пінобетонів, армованих поліпропіленовою фіброю для дорожнього будівництва / С.Й. Солодкий, В.О. Каганов, І.Б. Горніковська, Ю.В. Турба // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. Т. 4. № 5 (76). С. 40-46.

© М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина, С. М. Саженко, К. А. Крайнова

#### Ссылка для цитирования:

М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина, С. М. Саженко, К. А. Крайнова. Исследование влияния дозировки фибры и продолжительности перемешивания на свойства мелкозернистого бетона // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 3 (33). С. 22–26.

УДК 624. 04. 42

### РАСЧЁТ МНОГОЭТАЖНОГО СТУПЕНЧАТОГО ПИЛОНА С УЧЕТОМ ТВЕРДЕНИЯ И ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА РАННЕГО ВОЗРАСТА

**О. Б. Завьялова**

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия*

В статье рассмотрены проблемы, особенности расчета и проектирования монолитного железобетонного пилон, имеющего несимметричную форму, и вследствие этого, подверженного внецентренному сжатию с довольно значительным неучтенным эксцентриситетом приложения продольной силы. Возникающий при этом изгибающий момент только на этапе возведения каркаса при учете собственного веса железобетонных конструкций составил 625 кНм. В качестве дополнительного фактора, усугубляющего работу конструкции пилон, является влияние ускорение сроков строительства при возведении здания. Расчет выполнен для реального здания гостиницы, построенного в г. Астрахани, этапы возведения каркаса взяты согласно журналу производства работ. Учитывались факторы твердения и ползучести бетона раннего возраста. Расчет выполнен на основе линейной теории ползучести Маслова – Арутюняна с использованием формул поправочных коэффициентов к напряжениям в бетоне и арматуре, полученных Н.Х. Арутюняном для центрально сжатых и изгибаемых элементов.

**Ключевые слова:** *неучтенный эксцентриситет, сжато-изгибаемый пилон, ползучесть бетона, твердение бетона, история возведения.*

### CALCULATION OF A MULTI-STOREY STEP PYLON TAKING INTO ACCOUNT HARDENING AND CREEPING OF EARLY CONCRETE

**O. B. Zavyalova**

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia*

The article discusses the problems and features of the calculation and design of a monolithic reinforced concrete pylon, which has an asymmetric shape, and as a result, is subject to eccentric compression with a rather significant unaccounted for eccentricity of the application of longitudinal force. The resulting bending moment only at the stage of erecting the frame, taking into account the dead weight of reinforced concrete structures, was 625 kNm. An additional factor that aggravates the work of the pylon structure is the effect of accelerating the construction time during the construction of the building. The calculation was made for a real hotel building, built in the city of Astrakhan, the stages of the frame construction were taken according to the work log. The factors of hardening and creep of early concrete were taken into account. The calculation was carried out on the basis of the linear theory of creep by Maslov-Harutyunyan, using formulas for correction factors for stresses in concrete and reinforcement obtained by N.Kh. Harutyunyan for centrally compressed and bent elements.

**Keywords:** *unaccounted eccentricity, compressed-bendable pylon, concrete creep, concrete hardening, history of construction.*

Расчет многоэтажных монолитных зданий на внешние нагрузки давно и успешно выполняется с использованием программных комплексов, учитывающих геометрические и жесткостные параметры конструкций, а также учет истории возведения и нагружения зданий с учетом различных особенностей и аспектов работы конструкций [3–17]. Для уменьшения неоправданного расхода бетона в многоэтажных каркасах расчетчики часто прибегают к уменьшению сечения монолитных колонн и пилонов на верхних этажах, обеспечивая требуемый минимальный процент армирования. Уменьшение сечения пилонов происходит, как правило, за счёт одного из размеров, при постоянной ши-

рине. В целях унификации планов этажей удобно делать уменьшение размера с одной стороны пилон, особенно, если этот пилон является крайним или примыкает к коридору. Для примера рассмотрим поперечный разрез существующего здания многоэтажной гостиницы Park-Inn, построенной в г. Астрахани (рис. 1).

Здание имеет цокольный этаж, технический этаж, 13 жилых этажей и чердак, всего 16 этажей. Для удобства будем считать цокольный этаж – первым, и так далее, 16-й этаж – чердак.

Уменьшение размеров крайних и средних пилонов носит односторонний характер. Рассмотрим средний левый пилон. Сечение его имеет размеры 250×1800 мм на первом-