

7. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81*. – М.: Госстрой СССР: ЦНИТП, 1990. – 96 с.
8. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – М.: Госстрой СССР: ЦНИТП, 1986. – 36 с.
9. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. Изменение №1: СНиП 2.01.07-85. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2001. – 5 с.
10. Технический кодекс установившейся практики. Кровли. Строительные нормы проектирования и правила устройства: ТКП 45-5.08-277-2013. – Введ. 10.04.2013. – Мн.: Минстройархитектуры РБ. – 2013. – 27 с.
11. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24 и 30 м с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно». Чертежи КМ: Серия 1.460.3-14. – Введ. 01.06.1982. – Госстрой СССР. – 1982. – 135 с.
12. Холодное скатное покрытие зданий / А.В. Мухин, А.Б. Шурин, М.А. Луговской, В.Н. Пчелин, Ю.Ю. Маркулевич; заявитель УО «Брестский гос. тех. ун-т.» – № у 20130612 от 22.07.2013. Пол. реш. от 19.09.2013 № 9879.
13. Пособие по проектированию стальных конструкций к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции» ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.
14. Рекомендации по применению стальных профилированных настилов нового сортамента в утепленных покрытиях производственных зданий / ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова. – М., 1985. – 30 с.

Материал поступил в редакцию 03.03.14

MUCHIN A.V., SHURYN A.B., MARKULEVICH U.U. Constructive solutions roofs with orthotropic structures of profiled decking

Constructive solutions roofs with orthotropic structures of profiled on-style and allow you to reduce the consumption of the metal to cover compared to traditional solutions purlins.

УДК 624.012.25

Бабич Е.М., Гайчук И.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ УСИЛИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМАХ НА ДЕФОРМАЦИИ РИГЕЛЯ

Введение. Железобетонные конструкции являются одними из самых распространенных конструкций во всех отраслях строительства. Их применяют в промышленной, гражданской, сельскохозяйственной, транспортной и других областях строительства. Из железобетонных конструкций возводят заводы и жилые дома, больницы и школы, мосты и туннели, гидроэлектростанции и атомные реакторы, ирригационные системы и плотины, стадионы и манежи, надшахтные сооружения и крепления подземных выработок, метрополитены, стартовые площадки для запуска космических ракет и аэродромные покрытия [1, 2, 3, 4].

Одним из основных несущих элементов зданий и сооружений является рамные конструкции. Железобетонные рамы используются не только в одноэтажных и многоэтажных промышленных зданиях, а также в многоэтажных жилых и общественных зданиях. Они воспринимают большую часть нагрузок в инженерных сооружениях. Например, в гидротехнических сооружениях рамы встречаются в конструк-

циях подводной части строения электростанций. Типичными рамными конструкциями являются стенки камер шлюзов, а также разнообразные причальные сооружения портов, элементы железобетонных плавучих доков. В инженерных сооружениях промышленных предприятий рамы используют при возведении эстакад, подсиловных галерей, резервуаров и т.п.

В настоящее время в строительстве наблюдается тенденция к расширению строительства зданий и сооружений по индивидуальным проектам, в которых предполагается использование монолитных железобетонных рамных каркасов. При этом применяются различные монолитные железобетонные рамы, не исключение и двух шарнирные рамы с затяжкой. Такие рамы также используются при строительстве спортивных комплексов, выставочных павильонов и залов, подземных переходов. Широко используются в сельскохозяйственном строительстве сборные Г-образные железобетонные полнорамы.

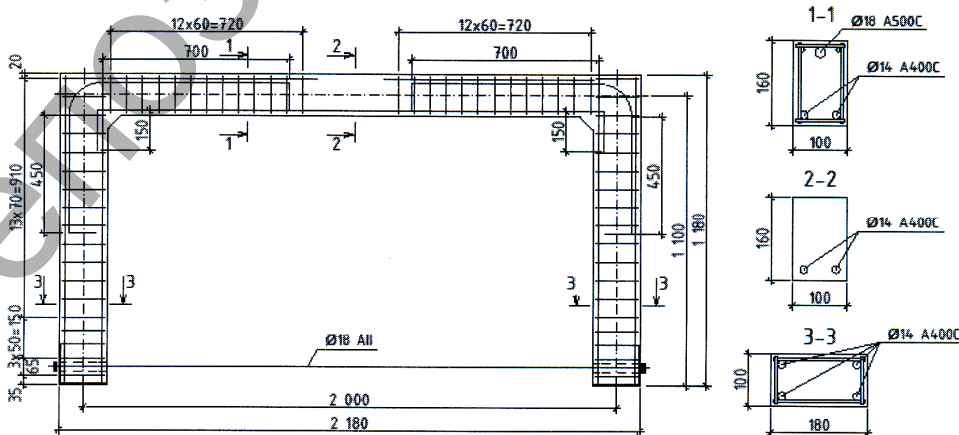


Рис. 1. Конструктивная схема исследовательских рам

Бабич Евгений Михайлович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой промышленного, гражданского строительства и инженерных сооружений Национального университета водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина.

Гайчук Иван Васильевич, ассистент кафедры промышленного, гражданского строительства и инженерных сооружений Национального университета водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина.

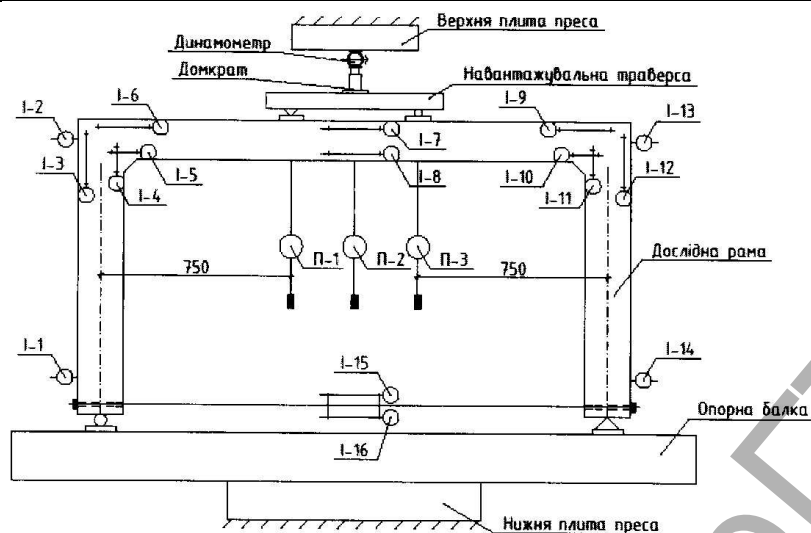


Рис. 2. Схема испытания рам и расположение приборов (I – индикаторы, П – прогибомеры)

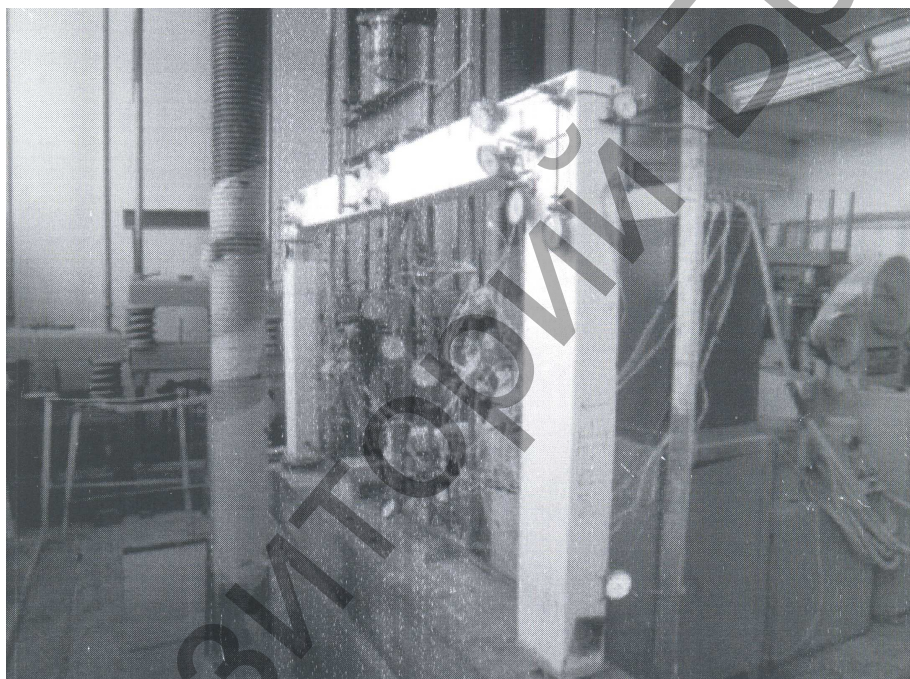


Рис. 3. Общий вид испытания исследовательских рам

Несмотря на то, что железобетонные рамы имеют широкое применение в практике современного строительства, экспериментальных исследований работы рам выполнено недостаточно, а особенно рам с искусственным регулированием усилий.

Конструкция исследовательских рам и методика их испытаний. Для исследования П-образных железобетонных рам с искусственным регулированием усилий были изготовлены железобетонные образцы рам, которые имели размеры в осях: пролет $l = 2000$ мм, высота $h = 1100$ мм, поперечное сечение ригеля рамы – 160×100 мм, поперечное сечение стойки рамы 180×100 мм. Армирование рам показано на рисунке 1. На торцах стоек устроены закладные детали из пластин $l = 5$ мм. Затяжка рамы выполнена из стержневой арматуры $\varnothing 18$ А-II, на одном из концов затяжки было устроено резьбу $\varnothing 18$. Предварительное напряжение в затяжке создавалось с помощью динамометрического ключа. По теоретическим расчетам, перед загрузкой рамы, в затяжке создавалось предварительное усилие равно 2 кН.

Испытания рам выполняли по схеме двухшарнирной системы в специальной установке, загружая ригель двумя сосредоточенными силами ($P/2 = F$) на расстоянии 75 см от оси стоек. Усилия создавали гидравлическим домкратом, а силу измеряли тарированным кольцевым динамометром (рис. 2, рис. 3).

В ходе исследований было испытано три серии железобетонных рам, по четыре рамы в каждой серии (табл. 1).

Работа двухшарнирных железобетонных рам с искусственным регулированием усилий. При загрузке железобетонной рамы без искусственного регулирования усилий, изгибающий момент в узле рамы меньше изгибающий момент в пролете ригеля $M_{sp} > M_{sup}$. [5]. При такой нагрузке разрушения рамы происходит при образовании трех пластических шарниров, сначала пластический шарнир образуется в ригели рамы, а с увеличением нагрузки пластические шарниры образуются в узлах рамы [6].

Для экономного армирования рам целесообразно, чтобы момент в узле M_{sup} был близкий по абсолютной величине к пролетному M_{sp} . По теоретическим расчетам данное состояние в железобетонной раме достигается посредством искусственного регулирования усилий, то есть создание предварительного напряжения N в затяжке рамы. При предварительном напряжении рамы в пролете и узле возникает изгибающий момент M_{reg} . При загрузке данной железобетонной рамы изгибающий момент в узле рамы равен изгибающему моменту в пролете ригеля $M_{sp,reg} = M_{sup,reg}$ и разрушение происходит при, почти одновременном образовании пластических шарниров в узле и ригели рамы [7, 8].

Таблица 1. Характер нагрузки железобетонных рам с искусственным регулированием усилий

Марки рам	Вид нагрузки рам в сериях		
	I серия	II серия	III серия
PK-1 PK-2 PK-3	Рама без искусственного регулирования усилий, нагружалась однократно до разрушения	Рама без искусственного регулирования усилий, нагружалась однократно до разрушения	Рама без искусственного регулирования усилий, нагружалась однократно до разрушения
РП-1 РКР-2 РКР-3	Рама без искусственного регулирования усилий, подвергалась повторным нагрузкам (десять циклов) и нагружалась до разрушения	Рама с искусственным регулированием усилий, нагружалась однократно до разрушения	Рама с искусственным регулированием усилий, нагружалась однократно до разрушения
РКР-1 РПР-2/1 РПР-3/1	Рама с искусственным регулированием усилий, нагружалась однократно до разрушения	Рама с искусственным регулированием усилий, подвергалась повторным нагрузкам (десять циклов) и нагружалась до разрушения	Рама с искусственным регулированием усилий, подвергалась повторным нагрузкам (переменного уровня) и нагружалась до разрушения
РПР-1 РПР-2/2 РПР-3/2	Рама с искусственным регулированием усилий, подвергалась повторным нагрузкам (десять циклов) и нагружалась до разрушения	Рама с искусственным регулированием усилий, подвергалась повторным нагрузкам (десять циклов) и нагружалась до разрушения	Рама с искусственным регулированием усилий, подвергалась повторным нагрузкам (переменного уровня) и нагружалась до разрушения

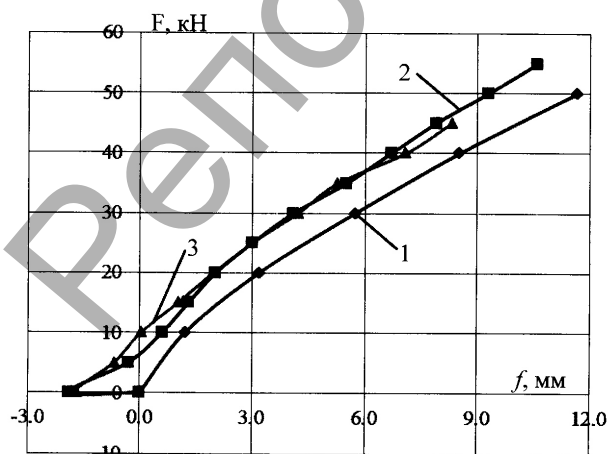
Влияние предварительного напряжения железобетонной рамы на прогиб ригеля рамы. В каждой серии испытаний, первая рама испытывалась на однократные нагрузки, без предварительного натяжения затяжки, до разрушения, для определения разрушающей нагрузки и установления усилия предварительного натяжения. Также, для определения влияния предварительного напряжения железобетонной рамы на прогиб ригеля, учитывались загрузки рам на первом цикле (до определенного уровня загрузки), которые в дальнейшем испытывались на малоцикловые нагрузки.

Рассмотрим рамы первой серии испытаний. Разрушающая нагрузка для рамы PK-1 составляла $F = 59,8$ кН, а для рамы РКР-1 – $F = 62,1$ кН. Незначительная разница (3,7%) между несущими способностями рам, в некоторой степени подтверждает теорию, что предварительное напряжение конструкции не влияет на ее несущую способность.

Исследуя изменение прогиба ригеля рамы при однократном монотонном нагружении, отметим характерные уровни, на которых сравниваются значения прогиба. Данные уровни составляют $0,3 F_u$, $0,7 F_u$ и прогиб ригеля рамы перед разрушением.

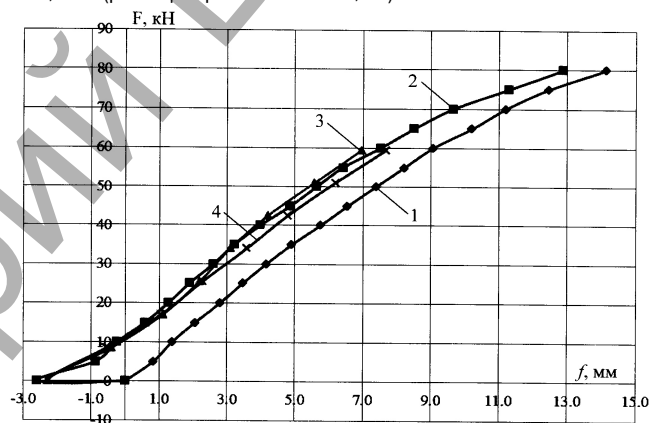
Для рамы PK-1 при нагрузке $F = 20$ кН ($0,32 F_u$) прогиб ригеля составил $f = 3,2$ мм, при $F = 40$ кН ($0,66 F_u$) $f = 8,5$ мм. Прогиб ригеля рамы PK-1 перед разрушением составил $f = 11,7$ мм (табл. 2). После испытания рамы PK-1, были определены усилия, которое необходимо создать в затяжке, для испытания следующих рам.

Рассматривая прогибы ригеля рамы РКР-1 на соответствующих уровнях загрузки значение прогиба составляли: $F = 20$ кН ($0,32 F_u$) $f = 2,0$ мм, что на 36,2% меньше рамы PK-1, при $F = 40$ кН ($0,66 F_u$) $f = 6,7$ мм, что на 21,5% меньше, при $F_u = 62,1$ кН $f = 10,6$ мм на 9,2% меньше (рис. 4).

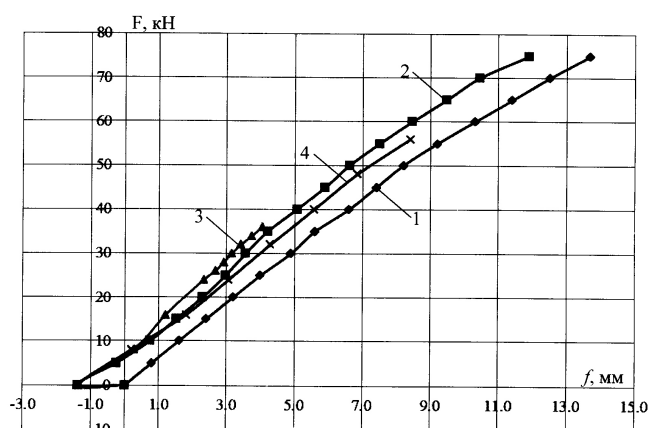


1 – рама PK-1; 2 – рама РКР-1; 3 – рама РПР-1
Рис. 4. Изменение прогиба ригелям рам первой серии испытаний

Рама РПР-1 исследовалась на малоцикловые нагрузки, но как упоминалось выше, в сравнение принимался во внимание первый цикл загрузки. Соответственно при загрузке $F = 20$ кН и $F = 40$ кН прогиб ригеля составил $f = 1,7$ мм (разница с рамой PK-1 – 46,8%) и $f = 6,3$ мм (разница с рамой PK-1 – 25,9%).



1 – рама PK-2; 2 – рама РКР-2; 3 – рама РПР-2/1; 4 – рама РПР-2/2
Рис. 5. Изменение прогиба ригеля рам второй серии испытаний



1 – рама PK-3; 2 – рама РКР-3; 3 – рама РПР-3/1; 4 – рама РПР-3/2
Рис. 6. Изменение прогиба ригеля рам третьей серии испытаний

Итак, рассматривая экспериментальные исследования прогиба ригеля рам первой серии можно сделать вывод, что, при создании предварительного напряжения затяжки, прогиб ригеля уменьшается, особенно это заметно при уровне загрузки $0,3-0,7 F_u$.

При экспериментальных исследованиях рам второй и третьей серии, наблюдалась аналогичная работа ригеля рам, как и в первой серии (табл. 2). На начальных уровнях нагрузки разница между

Таблица 2. Изменение прогиба ригеля рам

F, кН	Прогиб ригеля рамы, мм															
	первая серия				вторая серия					третья серия						
	РК-1	РКР-1	РПР-1	%*	РК-2	РКР-2	F, кН	РПР-2/1	РПР-2/2	%*	РК-3	РКР-3	F, кН	РПР-3/1	РПР-3/2	%*
0	-	0	0		0	0,0	0	0,0	0,0		-	0	0	0	0	
0	0	-1,9	-1,6		0,0	-2,6	0	-2,3	-2,2		0	-1,4	0	-1,4	-1,3	
5,0	-	-0,3	-0,7		0,8	-0,9	-	-	-		0,8	-0,2	8,0	0,3	0,2	
10,0	1,2	0,6	-0,1		1,4	-0,2	8,5	-0,4	-0,6		1,6	0,8	16,0	1,2	1,8	
15,0	-	1,3	0,8		2,1	0,6	17,0	1,1		37,5	2,4	1,5	24,0	2,3	3,1	27,1
20,0	3,2	2,0	1,7	36,2	2,8	1,3	-	-	-		3,2	2,3	26,0	2,7	4,3	
25,0	-	3,0	2,6		3,5	1,9	25,5	2,2	2,3		4,0	3,0	28,0	2,9	-	
30,0	5,7	4,1	3,7		4,2	2,6	-	-	-	17,1	4,9	3,6	30,0	3,2	-	17,9
35,0	-	5,5	4,7		4,9	3,2	34,0	3,1	3,6		5,6	4,2	32,0	3,4	4,3	
40,0	8,5	6,7	6,3	21,5	5,8	4,0	42,5	4,2	4,8		6,6	5,1	34,0	3,8	-	
45,0	-	7,9	7,4		6,5	4,9	-	-	-		7,4	5,9	36,0	4,1	-	
50,0	11,7	9,3	-		7,4	5,6	51,0	5,6	6,2		8,2	6,6	40,0	-	5,6	
55,0	-	10,6	-		8,2	6,4	-	-	-		9,2	7,5	48,0	-	6,9	
60,0					9,1	7,5	59,5	7,0	7,7		10,3	8,5	56,0	-	8,4	
65,0					10,2	8,5					11,4	9,5				
70,0					11,2	9,7					12,5	10,5				
75,0					12,5	11,3					13,7	11,9				13,1
80,0					14,1	12,9				8,8	-	-				
F_u	59,8	62,1	-		83,3	85,8					81,6	84,3				

прогибами находилась в пределах 30–40%, с увеличением нагрузки разница прогибов уменьшалась, при $F = 60$ кН она составляла 17%. Диаграммы изменения прогиба ригеля рам второй и третьей серии показаны на рисунках 5 и 6 соответственно.

Следует отметить, что во всех рамах с искусственным регулированием усилий, перед началом приложения к ним нагрузки, в затяжке создавалось предварительное усилие. В результате чего возник отрицательный прогиб ригеля (так называемый строительный подъем), что примерно составлял 16–20% от значения прогиба перед разрушением рамы.

Заключение. Экспериментальные исследования железобетонных рам с искусственным регулированием усилий показали, что при предварительном натяжении затяжки изменяются изгибающие моменты в узлах и прольёте, а прогиб ригеля рамы может уменьшаться до 40%.

Уменьшение прогиба ригеля железобетонной рамы, с помощью искусственного регулирования усилий в затяжке, целесообразно использовать при проектировании большепролетных рамных конструкций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жалізобетонні конструкції: підручник / А.Я. Барашиков, Л.М. Буднікова, Л.В. Кузнецов [та інш.]; під ред. А.Я. Барашикова. – К.: Вища школа, 1995. – 591 с., іл.
2. Жалізобетонні конструкції: підручник / П.Ф. Вахненко, А.М. Павліков, О.В. Горик, В.П. Вахненко]; під ред. П.Ф. Вахненка. – К.: Вища школа, 1999. – 508 с., іл.

3. Шуллер, В. Конструкции высотных зданий / В. Шуллер; [пер. с англ. Л.Ш. Климника] – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с. ил.; перевод изд.: High-Rise Building Structures / W. Shueller. – New York, London, Sydney, Toronto.
4. Гусениця, А.П. Конструкції багатопверхових каркасних будинків та їх розрахунки: навчальний посібник / А.П. Гусениця, П.П. Шандрук. – К.: КНУБА, 2002. – 72 с.
5. Гайчук, І.В. Дослідження роботи двохшарнірних залізобетонних рам з штучним регулюванням зусиль / І.В. Гайчук // Ресурсоєкономні конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне: Видавництво НУВГП, 2012. – Випуск 23. – С. 153–159.
6. Бабич, Є.М. Робота двохшарнірних залізобетонних рам з штучним регулюванням зусиль при повторних навантаженнях / Є.М. Бабич, І.В. Гайчук // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. – Київ: ДП НДІБК, 2011. – Випуск 74, Книга 1. – С. 182–197.
7. Бабич, Є.М. Триціноутворення в двох шарнірних залізобетонних рамах з штучним регулюванням зусиль при повторних навантаженнях / Є.М. Бабич, І.В. Гайчук // Збірник наукових статей. Стале-жалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – Вип. 9. – Кривий Ріг: КТУ, 2011 – С. 29–34.
8. Гайчук, І.В. Робота двохшарнірних залізобетонних рам з штучним регулюванням зусиль при змінному рівні повторних навантажень // Збірник наукових праць. Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 22. – Рівне: НУВГП, 2011. – С. 235–243.

Матеріал поступил в редакцию 04.03.15

BABICH E.M., HAYCHUK I.V. Study of the impact of regulation efforts in concrete frames on the deformation of crossbar

The experimental results of deflection crossbar concrete frame with artificial regulation efforts in monotonic loading frame crossbar.

УДК 692.699.82

Никитин В.И., Бацкель-Бжозовка Б.

ОБ УЧЕТЕ АНИЗОТРОПИИ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСЧЕТАХ КАПИЛЛЯРНОГО ВПИТЫВАНИЯ ДОЖДЕВОЙ ВЛАГИ

Введение. Ограждающие конструкции зданий из капиллярно-пористых материалов часто подвергаются воздействию косого дождя. В зависимости от его интенсивности и продолжительности, а также капиллярных свойств материала масса дождевой влаги пада-

ющая на вертикальную поверхность ограждения, полностью или частично впитываемая капиллярами материала, существенно повышает влагосодержание ограждающей конструкции. Не случайно, в ряде работ, например [1, 2, 3], отличается, что одной из главных

Никитин Вадим Иванович, д.т.н., профессор Государственной высшей школы им Я.Павла II в Бялой Подляске, Польша.

Бацкель-Бжозовска Беата, к.т.н. Политехники Белостоцкой, Польша.

Строительство и архитектура