



ВИБІР МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН В УМОВАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДІЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

С.В. Кожем'яка, Д.О. Хохрякова, Г.В. Крупенченко

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.

E-mail: hohryakovad@mail.ru

Отримана 18 червня 2008; прийнята 4 вересня 2008.

Анотація. У статті наведена методика вибору раціональних методів підсилення залізобетонних колон, яка дозволяє знизити вартість і трудомісткість виконання робіт. Аналіз виробництва робіт дозволив встановити, що в практиці застосовують наступні методи підсилення залізобетонних колон: улаштування залізобетонних обойм, улаштування одностороннього нарощування перерізу, підсилення набризком бетонної суміші, підсилення сталевібробетоном, встановлення металевої розпірки з однієї гілки. Визначені групи факторів, що змінюють якісні та кількісні показники процесів підсилення: дефекти залізобетонних колон і коефіцієнт підвищення їх носійної здатності, клас бетону підсилення. У статті наведені багатофакторні моделі трудомісткості і вартості підсилення в залежності від факторів, що досліджувались. Визначені коефіцієнти до моделей, які враховують розташування дефектів по гранях колон. Представлені результати перевірки запропонованої методики при підсиленні залізобетонних колон діючих промислових підприємств.

Ключові слова: методи підсилення, залізобетонні колони, промислові підприємства, дефекти, багатофакторні моделі, трудомісткість, ефективність.

ВЫБОР МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С.В. Кожемяка, Д.А. Хохрякова, А.В. Крупенченко

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.

E-mail: hohryakovad@mail.ru

Получена 18 июня 2008; принята 4 сентября 2008.

Аннотация. В статье представлена методика выбора рациональных методов усиления железобетонных колонн, позволяющая снизить стоимость и трудоемкость выполнения работ. Анализ производства работ позволил установить, что в практике применяют следующие методы усиления железобетонных колонн: устройство железобетонной обоймы и одностороннего наращивания сечения, усиление набрызгом бетонной смеси и сталефибробетоном, установка металлических распорок. Определены группы факторов, изменяющие качественные и количественные показатели процесса усиления: дефекты железобетонных колонн и коэффициент повышения несущей способности, класс бетона усиления. В статье представлены многофакторные модели трудоемкости и стоимости усиления в зависимости от исследуемых факторов. Определены коэффициенты к моделям, учитывающие расположение дефектов по граням колонн. Представлены результаты проверки предложенной методики при усилении железобетонных колонн действующих промышленных предприятий.

Ключевые слова: методы усиления, железобетонные колонны, промышленные предприятия, дефекты, многофакторные модели, трудоемкость, эффективность.

CHOICE OF METHODS FOR STRENGTHENING OF REINFORCED-CONCRETE COLUMNS IN THE RECONSTRUCTION CONDITIONS OF THE OPERATING INDUSTRIAL ENTERPRISES

S.V. Kozhemjaka, D.O. Khokhryakova, G.V. Krupenchenko

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Derzhavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.

E-mail: hohryakovad@mail.ru

Received 18 June 2008; accepted 4 September 2008.

Abstract. In this article there is represented the choice of a rational method for strengthening of the reinforced concrete columns, allowing to lower and cost and laboursome works. The analysis of works production allowed to find out that in practice the following methods of strengthening of reinforced concrete columns are applied: arrangement of the reinforced concrete iron ring and unilateral growing of section, strengthening by concrete mixing spraying and steel-fibro-concrete, installation of metal cross-bars. The groups of factors changing qualitative and quantitative indicators of process strengthening: defects of reinforced concrete columns and the coefficient of bearing ability increasing a class of strengthening concrete. In the article multifactorial models of labour some work of strengthening and costs from researched factors are represented. Coefficients for the models, considering the defects arrangement on sides of columns are defined. The check of the offered technique are results represented for strengthening of reinforced concrete columns at the operating industrial enterprises.

Keywords: Strengthening methods, reinforced concrete columns, the industrial enterprises, defects, multifactorial models, labour some works, efficiency.

Разработкой и совершенствованием конструктивных, организационных и технологических решений по восстановлению и усилению несущих железобетонных конструкций занимались ряд научных, проектных и учебных институтов. Решению данной проблемы посвящены исследования и работы целого ряда советских и зарубежных ученых [1, 5, 6].

В большинстве существующих методик выбора методов усиления основное внимание уделяется разработке и принятию конструктивных решений по усилению и восстановлению железобетонных конструкций, а технология и организация выполнения таких работ отражена в меньшем объеме.

Нормативные документы не регламентируют возможность выбора рациональных способов усиления в конкретных условиях эксплуатационных воздействий, которые являются характерными для каждого вида производства.

Отсутствует методический подход к формированию возможных вариантов усиления. Критерий приведенных затрат, используемый в существующих методиках [2], в настоящее время не применяется при расчетах экономической эффективности. Не установлено количественное влияние различных факторов на технико-экономические показатели методов усиления.

Агрессивность производственной среды, высокотемпературный нагрев, неблагоприятные инженерно-геологические процессы, а также ошибки на стадии проектирования и строительства приводят к появлению дефектов в конструкциях. Произвольная сложная конфигурация, отсутствие четких границ, изменение формы дефекта по толщине конструкции в сочетании с разнообразием высоты, размеров сечения колонн приводят к большому количеству разнородных задач

Таблица 1. Основные методы усиления железобетонных колонн.

Методы усиления	Эскиз	Условные обозначения	Методы усиления	Эскиз	Условные обозначения
Устройство железобетонных обойм		1- усиливаемая колонна 2- железобетонная обойма 3- продольная арматура 4- поперечная арматура	Усиление сталефибробетоном		1- усиливаемая колонна 2- сталефибробетон
Устройство одностороннего наращивания сечения		1- усиливаемая колонна 2- железобетонное наращивание	Установка металлической односторонней распорки	Период монтажа 	1- усиливаемая колонна 2- распорка из уголков 3- натяжные монтажные болты 4- соединительные планки 5- упорные уголки 6- крепежные уголки 7- крепежные монтажные болты
Усиление набрызгом бетонной смеси		1- усиливаемая колонна 2- набрызгбетон 3- арматурная сетка		Проектное положение 	

оценки несущей способности дефектных колонн и методам их усиления.

Анализ и обобщение данных по обследованию эксплуатируемых промышленных объектов позволил определить группы факторов, изменяющие качественные и количественные показатели процесса усиления: дефекты железобетонных колонн (глубина x_1 , мм; ширина x_2 , мм; длина x_3 , м; коррозия поперечной и продольной арматуры x_4 , %), коэффициент повышения несущей способности (x_5), класс бетона усиления (x_6).

На основании анализа производства работ установлено, что в практике применяют следующие методы усиления железобетонных колонн: устройство железобетонной обоймы и одностороннего наращивания сечения, усиление набрызгом бетонной смеси и сталефибробетоном, установка металлических распорок (табл. 1).

Проведенные экспериментальные исследования с применением методов планирования и анализа эксперимента позволили получить математические модели методов усиления.

Разработанные многофакторные модели (табл. 2), позволяют обосновывать трудоемкость Y_m и стоимость Y_c работ на стадии выбора метода усиления железобетонных колонн [3].

К моделям стоимости и трудоемкости определены коэффициенты, учитывающие расположение дефектов по граням колонн (табл. 3).

Выбор методов усиления на отдельных этапах проектирования обеспечивает значительное сокращение вариантности и упрощает, таким образом, решение поставленной задачи.

Предложенная методика выбора рационального метода усиления железобетонных колонн (рис.1), позволяет снизить трудоемкость и стоимость выполнения работ [4].

Сущность методики заключается в выборе методов усиления на основании моделей технико-экономических показателей.

Методика позволяет оценить влияние геометрических характеристик колонн, степени повышения несущей способности, дефектов и их положения по высоте и сечению конструкции на технологию усиления железобетонных колонн действующих промышленных предприятий.

Таблица 2. Модели трудоемкости и стоимости усиления железобетонных колонн высотой 6 м.

№ п\п	Методы усиления	Уравнения множественной регрессии
1	Устройство железобетонной обоймы	$Y^o_c = 0.206 \cdot x_3 + 3.358 \cdot x_5 - 0.015 \cdot x_6$
		$Y^o_m = 0.006 \cdot x_3 + 0.104 \cdot x_5$
2	Устройство одностороннего наращивания сечения	$Y^u_c = -2.15 + 0.001 \cdot x_2 + 0.265 \cdot x_3 + 2.527 \cdot x_5$
		$Y^u_m = -0.069 + 0.01 \cdot x_3 + 0.087 \cdot x_5$
3	Установка разгружающей одноветвевой металлической распорки	$Y^{u,p}_c = -1.127 + 0.026 \cdot x_1 + 0.002 \cdot x_2 + 3.354 \cdot x_5$
		$Y^{u,p}_m = 0.033 + 0.001 \cdot x_1 + 0.073 \cdot x_5$
4	Усиление набрызгом бетонной смеси	$Y^u_c = 0.091 \cdot x_3 + 1.752 \cdot x_5$
		$Y^u_m = 0.005 \cdot x_3 + 0.083 \cdot x_5$
5	Усиление сталефибробетоном	$Y^{c\phi}_c = -6.65 + 1.051 \cdot x_3 + 11.61 \cdot x_5 - 0.049 \cdot x_6$
		$Y^{c\phi}_m = -0.047 + 0.01 \cdot x_3 + 0.099 \cdot x_5$

Таблица 3. Коэффициенты к моделям трудоемкости k_T и стоимости k_c , учитывающие расположение дефектов по граням колонн.

Метод усиления	$\frac{k_c}{k_T}$			
	На одной грани	На двух гранях	На трех гранях	На четырех гранях
Устройство одностороннего наращивания сечения	$\frac{1}{1}$	$\frac{1.55}{1.24}$	$\frac{2.14}{1.66}$	-
Усиление сталефибробетоном	$\frac{1}{1}$			
Усиление набрызгом бетонной смеси				
Устройство железобетонной обоймы				
Установка разгружающей одноветвевой металлической распорки				

Выбор рационального метода усиления по заданному критерию (трудоемкость или стоимость) осуществляется для однородных групп колонн, которые формируются на основании учета исходных данных.

Проверка предложенной методики была выполнена при реконструкции здания коксосортировки на ЗАО «Макеевкокс» в г. Макеевке.

Усиление железобетонных колонн здания коксосортировки на коксохимическом заводе в г. Макеевке производилось в 2005 г. путем устройства железобетонных обойм.

Трудоемкость выполнения работ по усилению семи железобетонных колонн сечением 500 x 600 мм и высотой 6.3 м составила 2723 чел-ч.

При обследовании колонн от отметки 0,000 до отметки 6,3000 были выявлены следующие дефекты:

- местные сколы защитного слоя бетона шириной 150мм длиной от 0,8 до 4м;

- обнажение и коррозия продольной арматуры с потерей площади сечения 10...15%;
- коррозия поперечной арматуры 20...30%.

Указанные дефекты располагались на одной, двух, трёх и четырех гранях колонн (рис. 2).

В зависимости от вида дефектов полученных из результатов натурных обследований выполненных ООО фирмой «Промбудремонт», было выделено шесть групп колонн.

Так как расчетные нагрузки на колонны здания коксосортировки не изменились, то целью усиления было восстановить ослабленную дефектами несущую способность колонн до первоначальной, т.е. коэффициент несущей способности в данном случае был равен 1.

Подставляя исходные данные в уравнения множественной регрессии была определена стоимость возможных методов усиления (табл. 4). Для колонн с дефектами, расположенными на четырех и трех гранях, рациональным оказался метод усиления набрызгом

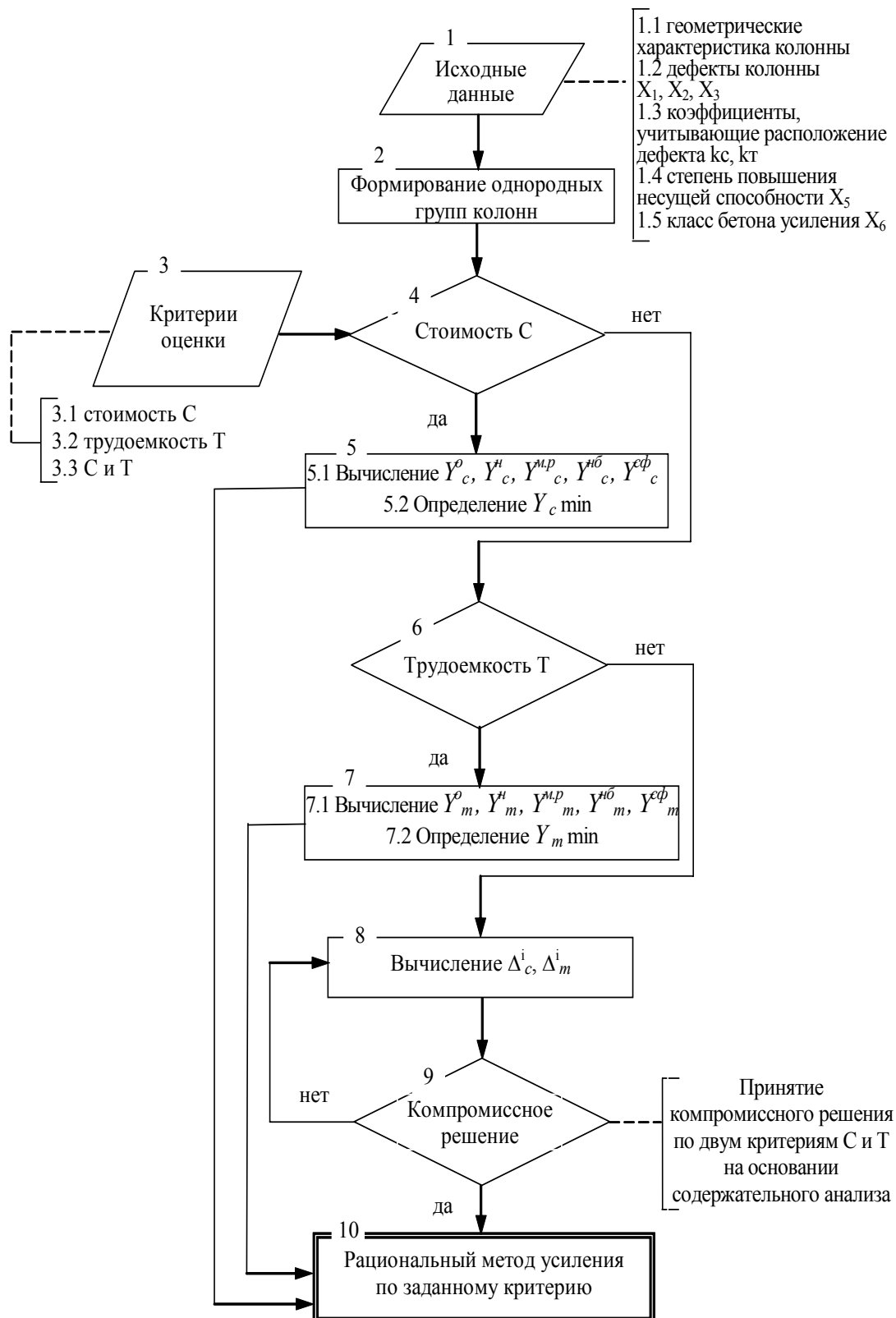


Рис. 1. Схема определения рационального метода усиления железобетонных колонн.

Таблица 4. (начало) Стоимость и трудоемкость усиления колонн здания коксосортировки на ЗАО «Макеев-кокс» различными методами по предложенной методике.

Метод усиления	Дефекты						Расположение дефекта	Стоимость, тыс. грн				Трудоемкость, тыс. чел.-ч		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₅	X ₆	Расположение дефекта		По одной грани		всего	По одной грани	К коэффициенту учитывающего расположение дефекта	ИЗ	
								К коэффициенту учитывающего расположение дефекта	К коэффициенту учитывающего расположение дефекта					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Первая группа (1 колонна)														
Устройство одностороннего наращивания сечения							-	-	-	-	-	-		
Усиление сталефибробетоном							7.204	1.22	8.789	0.092	1.17	0.108		
Усиление набрызгом бетонной смесью	30	150	4	1	40	По 4-м граням	2.116		2.582	0.103		0.121		
Устройство железобетонной обоймы							3.582		4.370	0.128		0.150		
Установка разгружающей ответной металлической распорки							3.307		4.035	0.352		0.412		
Вторая группа (1 колонна)														
Устройство одностороннего наращивания сечения							1.150	2.14	2.460	0.038	1.66	0.063		
Усиление сталефибробетоном							5.100	1.12	5.715	0.072	1.10	0.080		
Усиление набрызгом бетонной смесью	30	150	2	1	40	По 3-м граням	1.934		2.166	0.093		0.103		
Устройство железобетонной обоймы							3.170		3.550	0.116		0.128		
Установка разгружающей ответной металлической распорки							3.307		3.704	0.352		0.388		
Третья группа (1 колонна)														
Устройство одностороннего наращивания сечения							1.150	1.55	1.783	0.038	1.24	0.048		
Усиление сталефибробетоном							5.100	1.11	5.661	0.072	1.09	0.079		
Усиление набрызгом бетонной смесью	30	150	2	1	40	По 2-м граням	1.934		2.14	0.093		0.102		
Устройство железобетонной обоймы							3.170		3.519	0.116		0.127		
Установка разгружающей ответной металлической распорки							3.307		3.671	0.352		0.384		

Таблица 4. (окончание) Стоимость и трудоемкость усиления колонн здания коксосортировки на ЗАО «Макевкок» различными методами по предложенной методике.

Метод усиления	Дефекты						Стоимость, тыс. грн				Трудоемкость, тыс. чел-ч	
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₅	X ₆	Расположение дефекта	По одной грани	Кс	всего	По одной грани	Кг	I3
	Глубина дефекта, мм	Ширина дефекта, мм	Длина дефекта, м	Коэффициент повышения несущей способности	Класс бетона усиления							
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Четвертая группа (1 колонна)												
Устройство одностороннего наращивания сечения							-	-	-	-	-	-
Усиление сталефибробетоном							3,840	1,22	4,685	0,06	1,17	0,071
Усиление набрызгом бетонной смеси	30	150	0,8	1	40	По 4-м граням	1,825		2,227	0,087		0,102
Устройство железобетонной облойки							2,920		3,563	0,109		0,128
Установка разгружающей ответвленной металлической распорки							3,307		4,035	0,353		0,412
Пятая группа (2 колонны)												
Устройство одностороннего наращивания сечения							0,892	1	0,892	0,028	1	0,028
Усиление сталефибробетоном							4,051	1	4,051	0,062	1	0,062
Усиление набрызгом бетонной смеси	30	150	1	1	40	По 1-й грани	1,843		1,843	0,088		0,088
Устройство железобетонной облойки							2,964		2,964	0,11		0,11
Установка разгружающей ответвленной металлической распорки							3,307		3,307	0,352		0,352
Шестая группа (1 колонна)												
Устройство одностороннего наращивания сечения							0,839	1	0,839	0,026	1	0,026
Усиление сталефибробетоном							3,840	1	3,840	0,060	1	0,060
Усиление набрызгом бетонной смеси	30	150	0,8	1	40	По 1-й грани	1,825		1,825	0,087		0,087
Устройство железобетонной облойки							2,920		2,920	0,109		0,109
Установка разгружающей ответвленной металлической распорки							3,307		3,307	0,352		0,352

Таблица 5. Эффективность применения методики выбора методов усиления железобетонных колонн.

Наименование предприятия и объекта реконструкции	Базовый метод усиления	Стоимость, тыс грн.	Трудоемкость, тыс. чел-ч.	Эффективность применения методики	
	Рациональный метод усиления			По стоимости, тыс грн.	По трудоемкости, тыс. чел-ч.
Здание коксортiroвки, ЗАО «Макеевкокс», г. Макеевка	Устройство железобетонных обойм	25,640	2,723	14,259	2,267
	Усиление набрызгом бетонной смеси, устройство одностороннего наращивания сечения	11,381	0,456		

Литература

1. Голышев А.Б., Ткаченко И.Н. Проектирование усиления несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений. – К.: Логос, 2001. – 172 с.
2. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Надземные конструкции и сооружения/ Харьковский Промстройинипроект, НИИЖБ, М.: Стройиздат, 1992.- 191 с.
3. Хохрякова Д.А. Моделирование технико-экономических показателей методов усиления железобетонных колонн /Д.А. Хохрякова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури.- 2007.- Вип. 2007-5(67).-С. 55-57.
4. Хохрякова Д.А. Методика выбора рационального метода усиления железобетонных колонн/ Д.А. Хохрякова, С.В. Кожемяка, Д.А. Тахтай// Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури.- 2008.- Вип. 2008-3(71).- С. 48-52.
5. Seismic Behavior of Reinforced Concrete Frame with Split Columns, Z.-X. Li// Special Publication, 238, October 1, 2006, p. 465-474.
6. Modeling Error of Strength of Short Reinforced Concrete Columns, W. Zhou and H. P. Hong// Structural Journal 97-3, May 1, 2000, p. 427-435.

Кожем'яка Сергій Вікторович – к.т.н., доцент, працює доцентом кафедри „ Технологія, організація і охорона праці в будівництві” Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

Хохрякова Дар'я Олександрівна є асистент кафедри „ Технологія, організація і охорона праці в будівництві” Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

Крупенченко Ганна Вікторівна є асистент кафедри „ Технологія, організація і охорона праці в будівництві” Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

Кожемяка Сергей Викторович – к.т.н., доцент, работает доцентом кафедры «Технология, организация и охрана труда в строительстве» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: реконструкция промышленных и гражданских зданий.

Хохрякова Дарья Александровна – ассистент кафедры «Технология, организация и охрана труда в строительстве» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: реконструкция промышленных и гражданских зданий.

Крупенченко Анна Викторовна – ассистент кафедры «Технология, организация и охрана труда в строительстве» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: реконструкция промышленных и гражданских зданий.

Kozhemyaka Sergei Viktorovich – candidate of technical sciences, the assistant professor, of “Technology, and Protecting Labour in Construction”, by the Donbas National Academy of Building and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings

Khokhryakova Dar’ya Aleksandrovna the assistant of “Technology, and Protecting Labour in Construction”, by the Donbas National Academy of Building and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.

Krupenchenko Anna Viktorovna the assistant of “Technology, and Protecting Labour in Construction”, by the Donbas National Academy of Building and Architecture.. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.