



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО  
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

ТОМ 4, N1, 2008, 49-55  
УДК 624.954.04; 69.059.7

## ПОСИЛЕННЯ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУНКЕРІВ ПАРАБОЛІЧНОГО ОБРИСУ СТАЛЕВИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

**В. М. Кущенко, В.М. Кликов, О.В. Михайлов.**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Україна, 86123,  
snpcsh@mail.ru*

*Отримана 15 січня 2008; прийнята 29 січня 2008.*

**Анотація.** У статті розглянуті питання посилення і реконструкції несучих конструкцій будинку навантажувальних бункерів, виконаних у монолітному залізобетоні, що знаходяться частково в аварійному стані, а частково в стані, непридатному до нормальної експлуатації. З цією метою використаний підкріплювальний комплекс сталевих конструкцій у вигляді ґратчастої конструкції, що підсилює залізобетонні колони, і висячих сталевих стрічок, що підсилюють параболічну частину бункера, що дозволило здійснити посилення існуючих залізобетонних конструкцій бункерів без зупинки виробництва. Усі розрахунки підкріплювальних будівельних конструкцій бункерів, пов'язані з посиленням, виконані по плоскій розрахунковій схемі на обчислювальному програмному комплексі "SCAD". Наступне обетонування колон і висячих стрічок посилення параболічної частини бункера забезпечує надійний захист сталевих конструкцій від пошкодження корозією.

**Ключові слова:** монолітні залізобетонні навантажувальні бункери; посилення і реконструкція; ґратчасті сталеві підтримуючі конструкції; висячі смуги; сталебетонна обойма існуючих колон.

## УСИЛЕНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БУНКЕРОВ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ОЧЕРТАНИЯ СТАЛЬНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

**В. Н. Кущенко, В. М. Клыкков, А. В. Михайлов**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Украина, 86123,  
snpcsh@mail.ru*

*Получена 15 января 2008; принята 29 января 2008.*

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы усиления и реконструкции несущих конструкций здания погрузочных бункеров, выполненных в монолитном железобетоне, находящихся частично в аварийном состоянии, а частично в состоянии, непригодном к нормальной эксплуатации. Для этой цели использован подкрепляющий комплекс стальных конструкций в виде решетчатой конструкции, усиливающей железобетонные колонны, и висячих стальных лент, усиливающих параболическую часть бункера, что позволило произвести усиление существующих железобетонных конструкций бункеров без остановки производства. Все расчеты подкрепляющих строительных конструкций бункеров, связанные с усилением, выполнены по плоской расчетной схеме на вычислительном программном комплексе "SCAD". Последующее обетонирование колонн и висячих лент усиления параболической части бункера обеспечивает надежную защиту стальных конструкций от поражения коррозией.

**Ключевые слова:** монолитные железобетонные погрузочные бункеры; усиление и реконструкция; решетчатые стальные поддерживающие конструкции; висячие полосы; сталебетонная обойма существующих колонн.

## REINFORCEMENT OF CAST-IN-SITU REINFORCED CONCRETE BINS OF A PARABOLIC PROFILE WITH STEEL STRUCTURES

V. N. Kuschenko, V. M. Klykov, A.V. Mikhailov

*The Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*

*2, Derzhavina Str., Makeevka 86123, Ukraine*

*snpesh@mail.ru*

*Received January 15, 2008; Accepted January 29, 2008.*

**Abstract.** The article is devoted to the questions of strengthening and reconstructing load-carrying structures of loading bins built of cast-in-situ reinforced concrete, and which are partially in an emergency state, and partially in an unserviceable state. For this purpose there was used a supporting complex of steel structures in the form of a framed structure to strengthen reinforced-concrete columns, and suspension steel bands to strengthen a parabolic part of a bin easy to make strengthening of the existing reinforced concrete structures of bins without stopping manufacture. All the calculations of the supporting building structures of bins connected with the strengthening were performed by a flat design model on the computer complex "SCAD". A post-concreting of columns and suspension bands for strengthening a bin parabolic part provides a reliable corrosion protection of steel structures.

**Keywords:** cast-in-situ reinforced concrete loading bins, reconstruction and reinforcement, lattice steel supporting structures, guy shells, steel concrete ring of the existing columns.

### Введение

В связи с наличием в основных фондах предприятий топливно-энергетического комплекса Украины значительного числа погрузочных железобетонных бункеров со сроком службы, превышающим нормативный срок эксплуатации (40-50 лет), в настоящее время существует проблема восстановления их несущей способности при капитальном ремонте. Одним из специфических условий выполнения капитальных ремонтов погрузочных бункеров является невозможность выведения их из эксплуатации, поскольку это влечёт остановку основного производства. Вследствие этого возникает задача по усилению этих сооружений без остановки погрузочных операций.

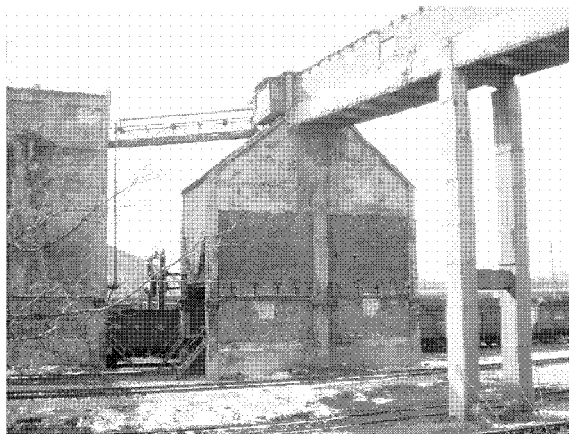
### Состояние вопроса

Анализ литературных источников [1, 2, 3] показал, что в настоящее время конструктивные решения по усилению монолитных железобетонных бункеров параболического очертания в условиях действующего производства в достаточной мере не освещены. В нормативных источниках [1, 3] определено требование полного внешнего или внутреннего дублирования несущих железобетонных конструкций при

наличии дефектов и эксплуатационных повреждений, снижающих их несущую способность на 50% и более. Это положение является основным для разработки конструктивных решений по усилению погрузочных бункеров со сроком службы 50 лет и более. В соответствии с [2], основные методы усиления железобетонных конструкций классифицируются следующим образом:

- наращивание ослабленных сечений по опалубочной и безопалубочной технологии (метод торкретирования);
- устройство стальных или железобетонных обоев;
- устройство и включение в работу предварительно напряженных стальных элементов;
- метод подведения разгружающих конструкций по схеме частичного или полного дублирования.

В качестве примера частичного дублирования несущих конструкций сооружения можно отметить метод усиления бункеров силосного типа (цилиндрические в плане) внутренней железобетонной гильзой. Однако такой метод для усиления железобетонных бункеров параболического очертания неприемлем по следующим причинам: 1) устройство внутреннего наращивания приводит к увеличению нагрузок



**Рис. 1.** Восточный фасад здания бункеров промпродукта.



**Рис. 2.** Разрушение защитного слоя бетона каркаса, коррозия и разрывы арматуры.



**Рис. 3.** Опасные повреждения железобетонных конструкций параболической части.



**Рис. 4.** Опасные повреждения железобетонных конструкций балки стенки.

на балки стенки, которые, как правило, в свою очередь нуждаются в усилении; 2) значительное уменьшение объёма, что может вызвать сбой в технологических циклах производства; 3) выведение бункера из эксплуатации на длительное время, что не всегда возможно по условиям действующего производства. Основываясь на проведенном анализе литературных источников [1, 2, 3], сделан вывод о целесообразности усиления этих бункеров методом подведения внешних дублирующих конструкций. В связи с тем, что технологические нагрузки погрузочных бункеров сопровождаются вибрациями, устройство качественных дублирующих конструкций из железобетона по опалубочной технологии затруднено. Вследствие этого в качестве материала дублирующих конструкций принята сталь с последующим торкретированием усиленных конструкций сталефибробетоном.

### Пример использования предложенного технического решения

Выше изложенная концепция применена для разработки проекта усиления погрузочных бункеров промпродукта ЦОФ «Чумаковская», введенного в эксплуатацию в 1935 г. Несущие конструкции здания выполнены в монолитном железобетоне по каркасной схеме. Размеры здания в осях 14x7 м, сетка колонн 7x7 м. Колонны опираются на отдельно стоящие фундаменты. В здании расположены два бункера вместимостью 150т каждый. Отметка низа параболической части бункеров +6,250 м, отметка верха перекрытия бункеров +15.50 м. Бункеры состоят из параболической части, расположенной между отметками +6,250 м и +11,000 м, а также из балок-стенок, расположенных между отметками

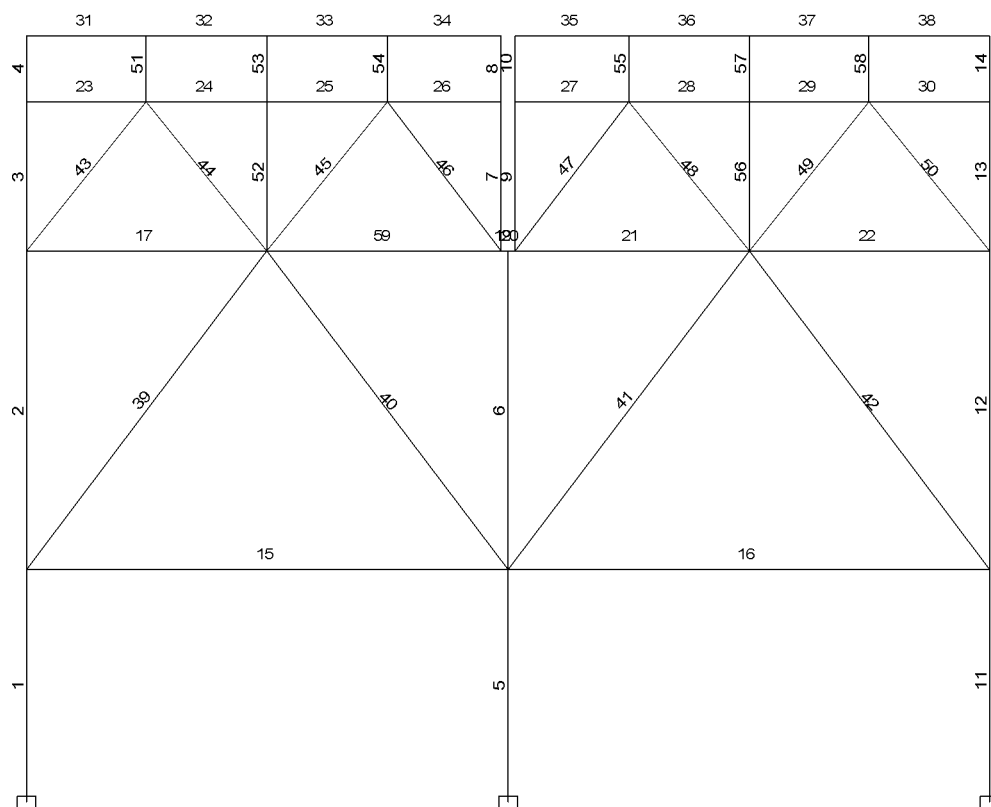


Рис. 5. Схема стальной опорной конструкции.

+11,00 м и +15,50 м. Промпродукт подаётся в здание погрузочных бункеров по транспортёрной галерее, которая опирается на конструкции каркаса, на отметке +16.00 м. Общий вид здания бункеров и общая характеристика технического состояния конструкций приведены на рис. 1, 2.

В результате обследования здания погрузочных бункеров установлено аварийное состояние следующих основных конструктивных частей: 1) колонн каркаса; 2) балок стенок бункера; 3) параболической части бункера. Аварийное состояние монолитных железобетонных бункеров установлено по следующим признакам (см. рис. 2, 3, 4): разрушение защитного слоя бетона; нарушение связности вязанных арматурных каркасов с бетоном; коррозионные потери сечения арматуры до 50% и более; нарушение анкеровки и стыков стержней арматурного каркаса; разрывы некоторых стержней арматуры; разрушение и расслоение бетона на глубину более 100 мм (потеря около 30% сечения).

Наиболее опасным видом из выявленных повреждений является нарушение анкеровки рабочей арматуры параболической части бункера в балках-стенках, поскольку это является угрозой отрыва параболической части бункера от балок-стенок. Испытания бетона склерометрическим методом (молотком Шмидта) показали соответствие классам по прочности на сжатие В-7,5...15, что не соответствует современным нормативным требованиям [1] в соответствии, с которыми класс по прочности на сжатие должен быть не менее В25.

На основании результатов обследования принята следующая схема усиления:

- 1) усиление колонн каркасов зданий погрузочных бункеров монолитными сталежелезобетонными обоймами, которые устраиваются в два этапа; на первом этапе устанавливаются стальные решётчатые обоймы, которые служат для крепления элементов опорных конструкций усиления днища бункеров; на втором этапе обоймы обетонируются;

Таблица 1. Подбор сечений.

№№ стер- жней	Расчетные усилия		Принятое сечение	Характеристики сечения			Расчетные длины	Гиб- кость $\frac{-}{\lambda / \lambda}$	$m_{efx}$ ---- $\Phi$
	N, т	M, т*м		A, см <sup>2</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бункер погрузки промпродукта									
1;11	-76.4	4.19	Дв.№30	46.5	472	12.3	3,70		
5	-162.6	0	Дв.№40	72.6	953	16.2	3,70	22.84 /-	/ .954
31-38	-3.41	7.25	[ №27	35.2	308	10.9	1.75		>20/
51;53-55;58	40.04	0.802	Гн.160x80x7	32,0	110,8				
17; 21-22; 59	35.676	1.03	2 [ №14	2*15,6	2*70,2				
23-30	-21,35	0.673	2 [ №14	31,2	140,4	5,6		-/ 1,045	1,184 / 0,6
43-50; 52; 56	-45.87	0.0688	2L (+)100x8	31,2		4,47	2,475	55,4 /-	/ 0,828
39-42	-40,48	0,178	2 L 125x10	48.6	104.17	5.52	5.09	92.27 /-	/ 0.61
39-42	-40,48	0,178	2 L 100x10	38.4		4.52	5.09	112.7 /-	/ 0.463
15-16	20,881	0,0124	2 L 100x8	31,2	53,3	4,47	7,00	156 /-	

Все расчёты подкрепляющих строительных конструкций бункеров, связанные с усилением, выполнены по плоской расчётной схеме на вычислительном программном комплексе "SCAD".

Для примера выполнен проверочный расчёт подкрепляющих конструкций для бункеров погрузки промпродукта на распределенную нагрузку  $q_d = 40/1.75 = 22.857$  кН/м. Подбор сечения элементов подкрепляющих систем представлен для бункеров погрузки промпродукта в табличной форме.

Исходя из расчетных данных и конструктивных соображений, приняты сечения элементов подкрепляющей конструкции. Номера стержней и принятые сечения показаны на схемах подкрепляющих конструкций (см. рис.5).

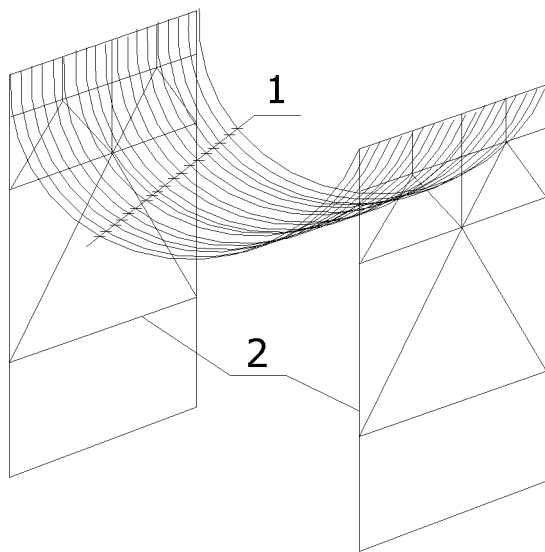
2) усиление днища бункеров производится в два этапа: на первом этапе производится монтаж стальных полос сечением 5x100 мм с шагом 200 мм (см. поз. 1 на рис. 6), которые сварными швами прикрепляются к стальным опорным конструкциям (поз. 2 на рис. 6), для включения в работу в стальных полосах создаётся преднапряжение; на втором этапе

(после установки стальных полос в проектное положение) устанавливаются арматурные сетки из стержней диаметром 12 мм А-III, шаг вертикальных стержней 200 мм, горизонтальных 100 мм. Вертикальные стержни прикрепляются к стальным полосам прерывистыми сварными швами длиной 50 мм с шагом 200 мм с последующим торкретированием поверхности днища сталефибробетоном;

3) усиление балок-стенок, надбункерных перекрытий и балок катучих конвейеров бункеров выполняется методом наращивания сечений путём торкретирования по стальным сеткам.

В соответствии с принятой схемой усиления, нагрузка от собственного веса параболической части бункера и нагрузка от сыпучего материала на параболическую часть воспринимается стальными преднапряжёнными полосами с последующей передачей нагрузки на стальные вспомогательные конструкции, прикреплённые к стальным обоям усиления колонн каркаса (см. рис. 6).

Горизонтальное давление сыпучего материала на балку-стенку воспринимается балкой-стенкой, усиленной методом наращивания сечения.



**Рис. 6.** Схема дублирующей конструкции: 1 – стальные висячие полосы усиления; 2 – стальные опорные конструкции.

Сечение стальной обоймы из уголков подобрано для восприятия расчётного усилия исходя из работы только по прочности, так как устойчивость их обеспечена старым бетонным сечением (см. рис. 5, 6).

Расход стали на усиление несущих конструкций здания погрузочных бункеров на один бункер составил 66 т, площадь торкретирования 300 м<sup>2</sup>, расход арматуры 9 т.

### Заключение

1. Усиление монолитных железобетонных бункеров дублирующими стальными конструкциями, состоящими из опорной части и висячих стальных полос, поддерживающих параболитическую часть бункеров, позволяет производить усиление без остановки производства.
2. Последующее обетонирование стальных обойм усиления колонн и стальных полос усиления параболитической части бункера обеспечивает антикоррозионную защиту стальных конструкций.

### Литература

1. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия
2. БН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель та споруд, що експлуатуються.
3. БН В.1.2-1-95 (ГОСТ 8829-94). Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд, їх частин та конструктивних елементів.
4. Реконструкция зданий и сооружений/ по ред. Шагина А.Л. - М.: Высшая школа, – 1991. – 352 с.
5. Руководство по проектированию железобетонных, стальных и комбинированных бункеров. – М.: Стройиздат, 1983. – 200 с.
6. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия.
7. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции/ Госстрой СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 88 с.

**Кликов Віктор Михайлович** – к.т.н., доцент, член Української асоціації з металевих конструкцій. Працює доцентом кафедри «Металеві конструкції» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: легкі металеві конструкції; реконструкція і посилення будівельних конструкцій.

**Кущенко Володимир Миколайович** – к.т.н., доцент, член Української асоціації з металевих конструкцій. Працює доцентом кафедри «Металеві конструкції» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи та удосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій гірничотехнічних споруд.

**Михайлов Олександр Васильович** – магістрант кафедри «Металеві конструкції» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: удосконалювання методів розрахунку і проектування шахтних укісних копрів.

**Клыкков Виктор Михайлович** – к.т.н., доцент, член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям. Работает доцентом кафедры «Металлические конструкции» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: легкие металлические конструкции; реконструкция и усиление строительных конструкций.

**Кущенко Владимир Николаевич** – к.т.н., доцент, член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям. Работает доцентом кафедры «Металлические конструкции» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование действительной работы и совершенствование методов расчёта строительных конструкций горнотехнических сооружений.

**Михайлов Александр Васильевич** – магистрант кафедры «Металлические конструкции» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: совершенствование методов расчета и проектирования шахтных укосных копров.

**Klykov Viktor M.** – Ph.D., an associated professor, a member of the Ukrainian Association of Metal Structures; and associated professor at the department “Metal Structures” of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: lightweight metal structures, reconstruction and reinforcement of building structures.

**Kuschenko Vladimir N.** – Ph.D., an associated professor, a member of the Ukrainian Association of Metal Structures; and associated professor at the department “Metal Structures” of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. His research interests include mathematical simulation of special loads of head frame designs.

**Mikhailov Aleksandr V.** – an undergraduate at the department “Metal Structures” of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: improvement of the design methods and design of head frames.