

СТРОИТЕЛЬСТВО. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

УДК 621.873.2

ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПОРТАЛЬНО-БАШЕННОГО КРАНА К-58

А. В. Синельщиков, А. И. Джалмухамбетов

Астраханский инженерно-строительный институт

В статье осуществлен расчет прочности и устойчивости портално-башенного крана К-58, который установлен на территории слипа филиала «Астраханский СРЗ» ОАО «ЦС «Звездочка». Проведено сравнение устойчивости исходного и модернизированного крана, а также прочностной расчет его несущих металлоконструкций. Расчет прочности и устойчивости слипового крана К-58 осуществлен для двух исполнений – исходное состояние (паспортное) и с учетом увеличения высоты башни на 5 метров с использованием спроектированной заводом вставки. В качестве метода аппроксимации несущих металлоконструкций крана использовался метод конечных элементов. На основе анализа результатов расчетов предприятию были даны соответствующие рекомендации.

Ключевые слова: портално-башенный кран К-58, прочность, устойчивость, метод конечных элементов, расчетная модель.

K-58 TOWER-KRANE STRENGTH AND STABILITY

A. V. Sinelshikov, A. I. Dzhalmutkhambetov

Astrakhan Institute of Civil Engineering

Portal-tower crane K-58 is described in this article, which is based on the boat slide of Branch "Astrakhan shipyard", Public Corporation "Shipyard center "Zvezdochka" territory. The stability of the original and modified model was compared and the strength calculation of the load-bearing metal was completed. Stability and strength of the boat slide crane was calculated both for its initial state as well as for the modified model with 5 meter increased height by the insertion designed by the plant. Finite element method was used as a method of approximation of bearing metal crane. Upon the analysis of the calculations the appropriate recommendations were suggested to the corporation.

Keywords: portal-tower crane K-58, strength, stability, Finite element method, calculation model.

Для ремонта судов филиал «Астраханский СРЗ» ОАО «ЦС «Звездочка» использует слип, который позволяет осуществлять подъем и проведение доковых ремонтов судов водоизмещением до 1000 т, длиной до 52 м, шириной до 15,5 м. На территории слипа установлен портално-башенный кран К-58, технические характеристики которого не позволяют использовать его во всех перегрузочных и монтажных работах в связи с ограничением его высоты подъема до 13 метров. Совместно с краном К-58 для выполнения ремонтных работ используется мобильный кран Liebherr LHM 280, что удорожает ремонт и затрудняет выполнение технологических процессов на слиповом участке.

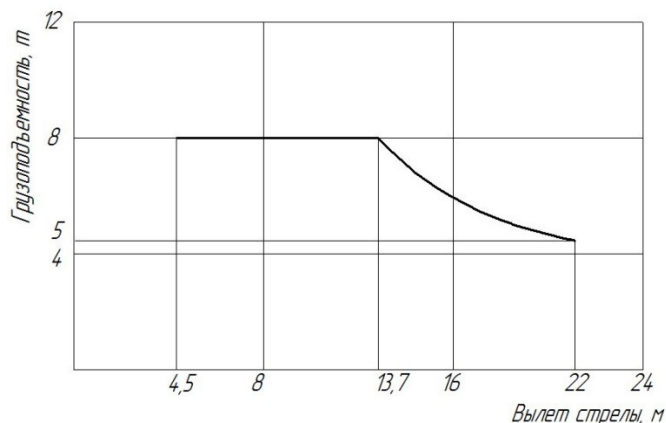
Предприятием разработан технический проект увеличения высоты башни портално-башенного крана К-58, включающий в себя установку в башню крана вставки высотой 5 м. Авторами настоящей работы проведено сравнение устойчивости исходного и модернизированного портално-башенного крана К-58, а также прочностной расчет его несущих металлоконструкций.

Расчет прочности и устойчивости слипового крана К-58 осуществлен для двух исполнений – исходное состояние (паспортное) и с учетом пятиметрового увеличения высоты башни с использованием спроектированной заводом вставки. При расчете принималось полное соответствие металлоконструкции проекту и паспорту крана, а также отсутствие дефектов, снижающих несущую способность металлоконструкции крана. Расчет выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ 1451-77 [1], ГОСТ 54769-2011 [2], РД НИИКраностроения-05-07 [3] и СНиП 2.01.07-85 [4]. В качестве метода аппроксимации несущих металлоконструкций крана использовался метод конечных элементов.

Общий вид и основные технические характеристики слипового портално-башенного крана К-58 зав. № 137, изготовленного Лимендским ССРЗ Архангельской области (г. Котлас) в 1986 г., приведены на рис. 1 и в таблице 1. Общий вид вставки высотой 5 м приведен на рис. 2.



а)



б)

Рис. 1. Сливовой портално-башенный кран К-58: а) общий вид и место установки крана; б) грузовая характеристика

Таблица 1

Основные технические характеристики слипового портално-башенного крана К-58 зав. № 137

Характеристика	Значение
Грузоподъемность на вылете, кг	
4,5–13,7 м	8000
13,7–22 м	5000
Номинальная скорость подъема, м/мин	10,9–12
Скорость движения крана, м/мин	33
Скорость движения тележки, м/мин	34
Скорость вращения поворотной части, об/мин	0,7
Масса крана с балластом, кг	69100
Масса, кг	
– ведомых и ведущих тележек	6030
– портала	9994
– башни	2990
– стрелы	4170
– противовеса без лебедки и стрелы	2260
– балласта	30500
– головки в сборе	6000
Давление колеса на рельс, кг	18000

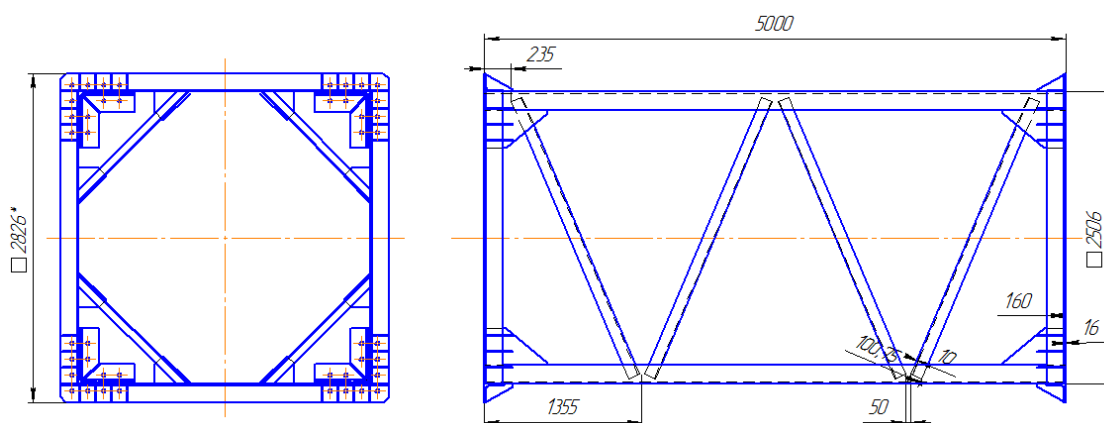


Рис. 2. Вставка в башню крана слипового К-58 зав. № 137

Расчетная модель крана слипового К-58 зав. № 137 в исходном (паспортном) состоянии состоит из 1700 конечных элементов (1203 стержней, 212 пластин, 245 жестких связей, 40 объемных КЭ) и 1070 узлов (количество степеней свободы $n = 6420$) (рис. 3а). Расчетная модель крана с учетом вставки состоит

из 1768 конечных элементов (1267 стержней, 212 пластин, 249 жестких связей, 40 объемных КЭ) и 1106 узлов (количество степеней свободы $n = 6636$) (рис. 3б).

Нагрузки от собственного веса конечных элементов металлоконструкции крана задавались в соответствии с плотностью стали

$\rho_{ст} = 7850 \text{ кг/м}^3$, для стержневых конечных элементов – площадью поперечного сечения, длиной, для пластин – площадью и толщиной; противовесы моделировались объемными конеч-

ными элементами, материал бетон с плотностью $\rho_б = 2400 \text{ кг/м}^3$. Места расположения и значения сосредоточенных масс показаны на рис. 4.

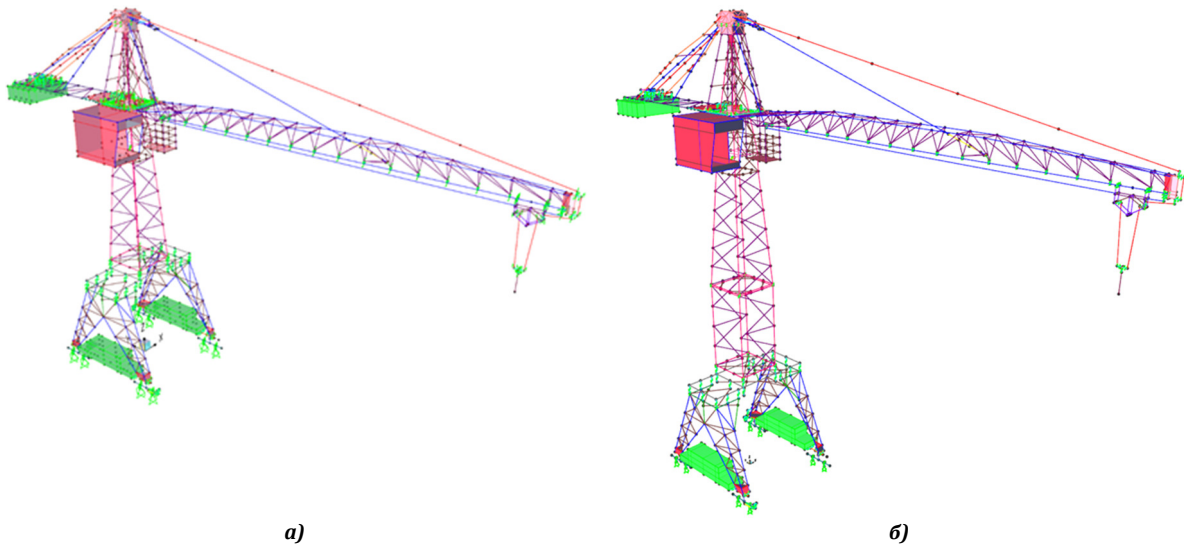


Рис. 3. Расчетные модели крана слипового К-58 зав. № 137: а) в исходном (паспортном) состоянии; б) с учетом вставки высотой 5 м

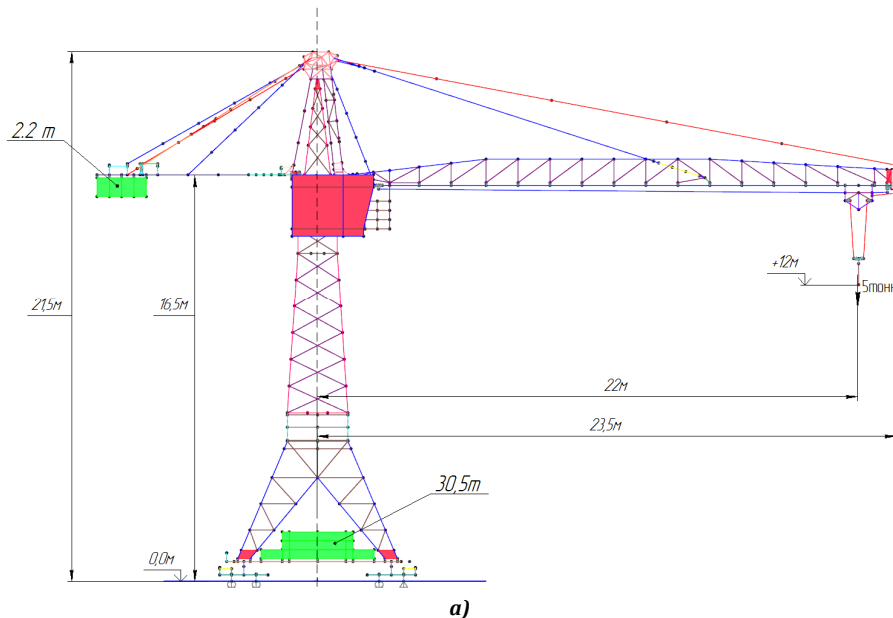
Под устойчивостью крана понимается его способность противодействовать опрокидывающим моментам. Расчет устойчивости слипового крана К-58 проведен для следующих расчетных сочетаний нагрузок (РС) (табл. 2):

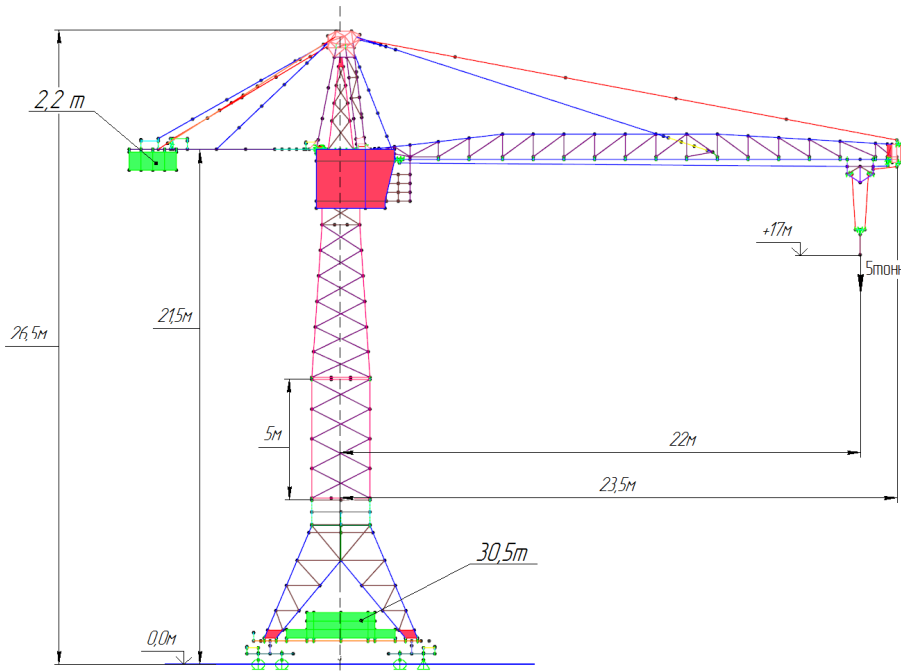
1. РС I – грузовая устойчивость при грузе 5 т на вылете 22 м с учетом действия дополнительных нагрузок, в том числе ветер $q = 250 \text{ Н/м}^2$

направлен в сторону стрелы, уклон пути в сторону стрелы $\alpha = 2^\circ$ (рис. 5а).

2. РС II – собственная устойчивость нерабочего состояния при ветре $q = 1000 \text{ Н/м}^2$, направленном в сторону противовеса, уклон пути в сторону противовеса $\alpha = 30'$ (рис. 5б).

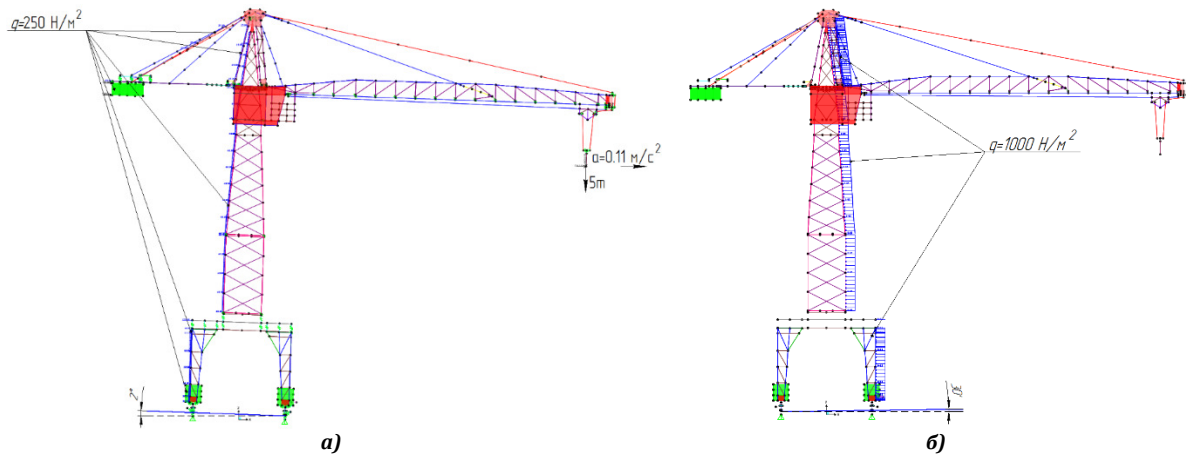
Сводная таблица значений расчетных сочетаний нагрузок приведена в табл. 2.





б)

Рис. 4. Сосредоточенные массы расчетной модели крана слипового К-58 зав. № 137: а) в исходном (паспортном) состоянии; б) с учетом увеличения высоты башни на 5 м



а)

б)

Рис. 5. Расчетные нагрузки на кран слиповый К-58 зав. № 137: а) расчетный случай I; б) расчетный случай II

Таблица 2

Расчетное сочетание нагрузок на кран слиповый К-58 зав. № 137

Вид нагружения	Исходное (паспортное) состояние крана	Увеличение высоты башни на 5 м
Расчетное сочетание нагрузок I – грузовая устойчивость (рис. 5) (стрела ориентирована перпендикулярно рельсовому пути)		
Ветровая нагрузка	$q = 250 \text{ Н/м}^2$	$q = 250 \text{ Н/м}^2$
Инерционная нагрузка	<ul style="list-style-type: none"> торможение грузовой тележки $a = 0,11 \text{ м/с}^2$ подъем груза $a = 0,04 \text{ м/с}^2$ 	<ul style="list-style-type: none"> торможение грузовой тележки $a = 0,11 \text{ м/с}^2$ подъем груза $a = 0,04 \text{ м/с}^2$
Сосредоточенная нагрузка	<ul style="list-style-type: none"> сосредоточенные массы (рис. 4а) груз $Q_{\text{ном}} = 5 \text{ т}$ на вылете $L_{\text{max}} = 22 \text{ м}$ 	<ul style="list-style-type: none"> сосредоточенные массы (рис. 4б) груз $Q_{\text{ном}} = 5 \text{ т}$ на вылете $L_{\text{max}} = 22 \text{ м}$
Уклон пути	$\alpha = 2^\circ$	$\alpha = 2^\circ$
Расчетное сочетание нагрузок II – собственная устойчивость нерабочего состояния (рис. 5) (стрела ориентирована перпендикулярно рельсовому пути)		
Ветровая нагрузка	$q = 1000 \text{ Н/м}^2$	$q = 1000 \text{ Н/м}^2$
Инерционная нагрузка	Нет	Нет
Сосредоточенная нагрузка	<ul style="list-style-type: none"> сосредоточенные массы (рис. 4а) 	<ul style="list-style-type: none"> сосредоточенные массы (рис. 4б)
Уклон пути	$\alpha = 30'$	$\alpha = 30'$

Напряженно-деформированное состояние определялось статическим методом. Для каждого расчетного сочетания нагрузок вычислялись эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{экв}}$ по III теории прочности и сравнивались с пределом текучести для стали 09Г2С ГОСТ 19282-73 $\sigma_v = 320$ МПа. Результаты сравнения даны в действительных коэффициентах запаса прочности.

Коэффициент устойчивости рассчитывался по методике [5].

В таблице 3 приведены результаты расчетного обоснования прочности и устойчивости крана слипового К-58 зав. № 137, а на рис. 5 – расположение наиболее нагруженных элементов металлоконструкции крана при увеличении высоты башни на 5 м.

Таблица 3

Результаты расчетного обоснования прочности и устойчивости крана слипового К-58 зав. № 137

Параметр	Исходное (паспортное) состояние крана		Увеличение высоты башни на 5 м
	Паспортное значение	Расчетное значение	
Расчетное сочетание нагрузок I			
Коэффициент грузовой устойчивости	1,29	$n_k = 1,23$	$n_k = 1,17$
Максимальные эквивалентные напряжения	-	$\sigma_{\text{экв}} = 212$ МПа $n = 1,5$	$\sigma_{\text{экв}} = 239$ МПа $n = 1,33$
Расчетное сочетание нагрузок II			
Коэффициент грузовой устойчивости	1,35	$n_k = 1,28$	$n_k = 1,22$
Максимальные эквивалентные напряжения	-	$\sigma_{\text{экв}} = 198$ МПа $n = 1,61$	$\sigma_{\text{экв}} = 215$ МПа $n = 1,48$

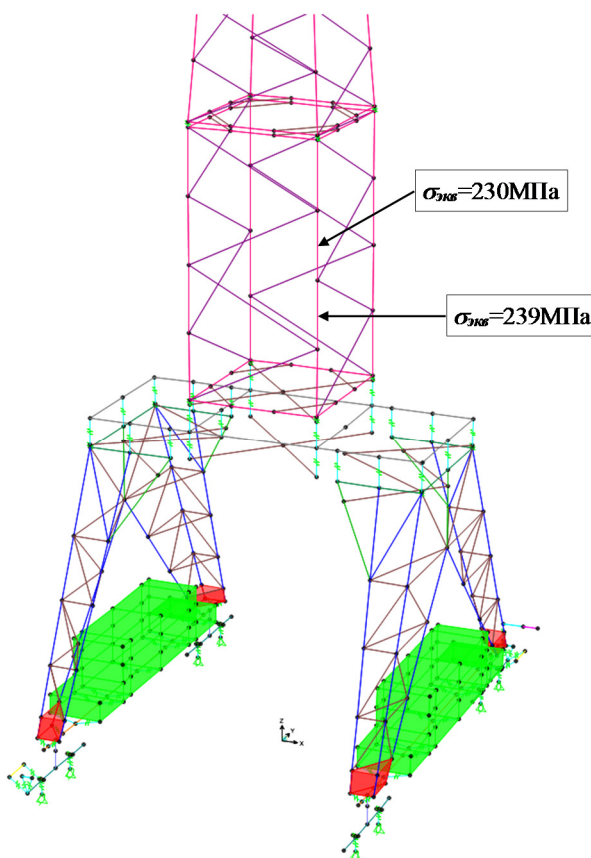


Рис. 5. Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в металлоконструкции слипового крана К-58 при I расчетном случае нагружения

Таблица 4

Результаты расчетного обоснования прочности и устойчивости крана слипового К-58 зав. № 137 по I расчетному сочетанию нагрузок при увеличении массы балласта на 5 т

Параметр	Исходное (паспортное) состояние крана		Увеличение высоты башни на 5 м
	Паспортное значение	Расчетное значение	
Коэффициент грузовой устойчивости	1,29	$n_k = 1,23$	$n_k = 1,21$
Максимальные эквивалентные напряжения	-	$\sigma_{\text{экв}} = 212$ МПа $n = 1,5$	$\sigma_{\text{экв}} = 239$ МПа $n = 1,33$

Учитывая, что по I расчетному сочетанию нагрузок получен наименьший коэффициент грузовой устойчивости ($n_k = 1,17$), выполнен расчет крана К-58 зав. № 137 (с учетом увеличения высоты башни на 5 м) с увеличенной с 30,5 до 35,5 т массой балласта (увеличение по 2,5 т с каждой стороны) (табл. 4).

По результатам расчетов установлено:

1. По критерию прочности наименьший запас наблюдается при I расчетном сочетании нагрузок $\sigma_{экв} = 239$ МПа ($n = 1,33$).

2. По критерию грузовой устойчивости наименьший запас наблюдается при I расчетном сочетании нагрузок $n_k = 1,17$.

3. При увеличении массы балласта на 5 т (с 30,5 до 35,5 т) равномерно по 2,5 т с каждой

стороны при I расчетном сочетании нагрузок коэффициент грузовой устойчивости $n_k = 1,21$.

Филиалу «Астраханский СРЗ» ОАО «ЦС «Звездочка» даны следующие рекомендации:

1. В случае увеличения балласта на 5 т необходимо выполнить мероприятия по усилению несущих элементов металлоконструкции крана, на которые опирается балласт.

2. При эксплуатации крана следует запретить совмещение рабочих операций (подъем груза с поворотом крана, перемещение грузовой тележки и подъем/опускание груза и др.).

3. Необходимо снизить предельно допустимую скорость ветра рабочего состояния до 15 м/с (с порывами до 18 м/с).

Список литературы

- ГОСТ 1451-77. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения. М.: НПК «Издательство стандартов», 1978. 17 с.
- ГОСТ 54769-2011. Краны грузоподъемные. Общие требования к устойчивости. М., 2012. 8 с.
- Нормы расчета устойчивости против опрокидывания. Методические рекомендации. Краны стреловые самоходные / РД НИИКраностроения-05-07. М., 2007. 15 с.
- СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. М., 2011. 81 с.
- Булатов Б. Л., Синельщиков А. В. Расчет устойчивости башенных кранов на основе определения реакции в опорах // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. 2011. № 2 (52). С. 27–30.

© А. В. Синельщиков, А. И. Джалмухамбетов

Ссылка для цитирования:

Синельщиков А. В., Джалмухамбетов А. И. Прочность и устойчивость портално-башенного крана К-58 // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. № 4 (14). С. 36–41.

УДК 691.424

КЕРАМИЧЕСКАЯ ЧЕРЕПИЦА НА ОСНОВЕ АРГИЛЛИТОПОДОБНЫХ ГЛИН

Г. Н. Еременко, К. А. Лапунова, Я. В. Лазарева

Ростовский государственный строительный университет

Изучены исторические аспекты развития керамической черепицы в России. Установлено, что определенный спад производства керамической черепицы наметился в 50-е гг. прошлого столетия, связано это с переориентацией заводов на производство рулонных кровельных материалов. Рассмотрена актуальность разработки керамической черепицы на основе аргиллитоподобных глин с целью частичной замены импортной продукции отечественной черепицей. Приведены результаты комплексного исследования аргиллитоподобных глин Горняцкого месторождения. Изучены технические показатели по ОСТ 21-32-84, ГОСТ 1808-71 «Черепица глиняная. Clay tile» и СТБ EN 1304-2009 «Черепица кровельная глиняная и доборные элементы. Определения и технические условия на продукцию».

Приведено макроскопическое описание сырья. Изучен химический и минералогический состав сырья. Охарактеризованы формовочные и сушильные свойства образцов. Приведены данные лабораторных испытаний образцов, обожженных при различных температурах. Описана технология производства черепицы способом пластического формования.

Ключевые слова: керамическая черепица, аргиллитоподобные глины, сырье, предприятие, кровельные материалы.

CERAMIC TILE CLAY-BASED OF CLAYSTONE

G. N. Eremenko, K. A. Lapynova, Ya. V. Lazareva

Rostov State University of Civil Engineering

In the article are studied the historical aspects of ceramic tiles development in Russia. It has been set that a certain decline in the production of ceramic tiles was in the 50-ies of the last century, that's due to the reorientation of factories on manufacture of roofing materials. Are considered the relevance of the development of ceramic tiles based of claystone, for the purpose of partial replacement of imported products with domestic tiles. Are described the results of a comprehensive study of claystone. Reviewed technical data on the OST 21-32-84, GOST 1808-71 "Tile clay. Clay tile" and STB EN 1304-2009 «Clay Tile roofing and flashings. Definitions and specifications for products».

Also, are given a macroscopic description of the raw material. Are studied the chemical and mineral logical composition of raw materials. Are characterized the molding and drying properties of the image CC. Are taken the data of laboratory tests of samples annealed at various temperatures. Are describes the technology of production of tile by method of plastic forming.

Keywords: ceramic tile, argillisation clay, raw, factory, roofing materials.