

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 624.014"401.4":620.193

А. Н. ГИБАЛЕНКО<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Строительство, техническая эксплуатация и реконструкция», Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская, 7, Мариуполь, Украина, 87500, тел. +38 (050) 473 14 52, эл. почта alexgib@yandex.ru, ORCID 0000-0003-2979-5225

### СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ КОРРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ РАЦИОНАЛЬНОМ КОНСТРУИРОВАНИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

**Цель.** Научная статья посвящена разработке принципов робастного (устойчивого) проектирования при обосновании конструктивных решений первичной и вторичной защиты металлоконструкций на основе управления уровнем коррозионной опасности строительных объектов, конструктивной приспособленности, технологической рациональности при эксплуатации в условиях воздействия коррозионно-агрессивных сред. **Методика.** Авторами были использованы и развиты расчетные методы оценки надежности и конструктивной безопасности. В основе методов – построение информационно-аналитической базы данных определяющих параметров коррозионного состояния строительных металлоконструкций для совершенствования и контроля мер первичной и вторичной защиты от коррозии. **Результаты.** Предложена основа для постановки и реализации задач управления эксплуатационным сроком службы зданий и сооружений в коррозионных средах. Она достигается путем повышения качества и надежности мер первичной и вторичной защиты металлоконструкций с учетом уровня коррозионной опасности по управлению технологической безопасностью в течение установленного срока службы строительных объектов. **Научная новизна.** Разработаны принципы робастного проектирования противокоррозионной защиты с учетом установленной надежности и конструктивной безопасности комбинированных металлоконструкций в условиях коррозионно-активных сред на основе методики предельных состояний конструкций (с учетом уровня коррозионной опасности). Использован расчетно-измерительный метод подтверждения соответствия мер коррозионной защищенности для резервирования работоспособности и задания сроков службы комбинированных металлоконструкций и их защитных покрытий. **Практическая значимость.** Разработана методика обоснования проектных решений и подтверждения их соответствия по признакам коррозионной опасности строительных объектов. Реализованы технические решения, обеспечивающие снижение уровня рисков аварийных ситуаций.

*Ключевые слова:* металлические конструкции; живучесть; процессный подход; обеспечение надежности; робастное проектирование; уровень коррозионной опасности

#### Введение

В настоящее время в строительной отрасли наблюдается определенный рост применения комбинированных конструкций, в которых ограждающие элементы выполнены из конструкционных пластиков и пластмасс, с успехом заменившие материалы из полиметилметакрилата

и полистирола [1, 2]. Как показывает практика, использование сотового поликарбоната, поливинилхлоридных профилей, металлопластов в практике дизайна, проектирования, изготовления и эксплуатации конструкций создает предпосылки внедрения выразительных архитектурных решений с учетом функционального

LJ: GKI HJLGM > 1 < GBPL < H

g Zag Z q k g h y m ` \_ g i b e h ^ g h \ j \_ f \_ g g g h b y o j Z ] f \_ g - l m [ j Z a p k \ a Z s b l g u f b k g b ` \_ g b \_ b l Z e e h \_ f d h k l v b r \_ g b g Z ^ - ` d j u l b y f b h ] e Z k g e h Z k k b n b d Z p b i h g g u f g h k l b ^ h e ] h \ \_ q g m k l b e b q \_ j g b m j k j Z a g Z d Z h i j j h a b h g k g u [ 9, 10, 11].

w d k i e m Z I Z m k b h \ l y q e Z ] h i j b y l g a o P \_ e v x u i h e g y \_ f u i j \_ ^ \_ e b l \_ e b l g u o ^ \_ c k l \ b g \_ r g b k j \_ a Z k q k g b ` \_ g r h y h \ g y i u l Z g b y \ e y \_ l k i j j \_ ^ \_ e \_ g b w n n b p b \_ g l Z d h j j h a b h g g Z k g h [ 2, 3, 4, 5, 10, 14]. ] h l h \ g h k l b Z e e h d h g k l j m d p Z s b l g u o

: g Z e b k h k l h y g i b y [ e \_ f u h [ \_ k i \_ q \_ g i h y d j u l b d h w n n b p b h h \ g h k l b Z e v g u o d Z q \_ k b \ Z ^ \_ ` g h k l p i \_ j \ b q g b d l h d h g k l j m d p k p c y \ e y \_ l d h f i e \_ d k g b f j b q g h a Z s b l u \_ l Z e e h d h g k l j m d p a b c l \_ e v k l \ m \ h a f h ` g h k i j b ^ e \_ g p y k m j k Z a Z I \_ e \_ f h g l h i j b ] h ^ g h o k Z p Z d l \_ j b a m d h g k l j m d p a Z k q \_ l d h f [ b g b j h \ Z g b k ] h x s b f i Z j Z f \_ l j d h g k l j m d l b g l u o g h e h i h e v a h \ Z w e y f \_ g b r a k l Z e b i h e b f \_ j h \ b q \_ k d b p i \_ j \ b q g b d h j b q g a Z s b l u

$$K_g = \frac{T_k T_z}{T_{k_j} n T_{z_j}} \cdot J$$

q l h h [ m k e Z \ e b \ Z h \ l u k r y \_ g g h d h j j h a b h g g h c l h c d h k l v h l \ \_ l k l \ m x z b o j b Z e h \ k h ^ g h \ j \_ f \_ g g Z i p b h g Z e v g h u f k l j m b j h \ Z g b \_ j f a j Z [ h l b b k i h e v a h \ Z g b Z a b ] ^ I\_{k\_j} - k j h d e m ` [ e \_ ] l k l Z e v g u h o f [ b - g b l \_ e v g u Z j o b l \_ d l m j g u p f b h [ t \_ f g h j h \ Z g g d b g k l j m d p b b e d Z a Z I d b j x h a b i e Z g b j h \ h g g u o g [ 6, 7, 21].

B a m q \_ g b j j h a b h g g h c d h k Z b \_ j b Z h g g h d h c d h ( k l b j \ b q g Z Z s b ) ; l Z \_ j - j Z - k e h b w e \_ f \_ g k h j m d l m j g a u h d , h a Z s b l g h q \_ l g u k j h d e m ` [ e \_ ] l a Z s b l g u h o d j u l b c ] h i j h l b \ h d h j j h a b h i g d h j u h b y m q \_ l h k ^ h \ \_ j b l \_ e v g h r c y l g h k l v 9, 95 i h j \_ g Z b [ h e g \_ [ e Z ] h i j b y l g h d h l Z g l b a ^ \_ c a m e v l Z h Z f d h j \_ g t k u i o l Z g b e - d h e b q \_ k l \ b p Z k k f h i j \_ g j Z [ h l Z 6 8 ] , ] ^ \_ u i h e k l \ h j \_ f h g l g u d e h h k k l Z g h \ e i j l g l b y g \_ g Z k q \_ k l j h d Z e m ` [ d h g k l j m d i p b j e \ h d h j j h a b h g a g Z h s c l u j b m k l Z g h \ e \_ g g h f a m e v l Z d Z f g l j h e h j j h a b h g g h k h h y g b y k j h d k e m ` [ h u [ t \_ d i Z \ i \_ j b h h [ k e \_ ^ h \ Z o g b Z h k g h \ Z g v d k i \_ H k g h \ g f n Z c l \_ j b Z e \_ a m e v l Z l p u \_ e v x j b f \_ g l Z e v g Z g g u f b ^ \_ e b j h \ Z n g b a y b - d h j \_ r \_ g b a y Z ^ Z h q p \_ g d b w n n b p b ] h g h Z - g h o b f b q \_ k v h a o \_ c k l k p \_ w d k i e m Z I Z p b p t p f \_ l Z e e h d h g k l j m d p Z s b l g u h o d j - u

P \_ e v

B k k e \_ ^ h \ Z g Z i j Z \ e \_ g Z h [ \_ k i \_ q \_ g b k k e \_ ^ h \ Z 2, b 13, 16]. B a m q \_ g b ` b f Z d Z q \_ k b \ Z ^ \_ ` g h k l p i \_ j \ b q g b d l h w d k i e m Z I Z m i Z d l h j h l i j \_ ^ \_ e y x s a b Z j b q g h a Z s b l u \_ l Z e e h d h g k l j m d p b j c s b l g u \_ k \ h c k l \ i Z h l b \ h d h j j h a b h i g u o r \_ g k l \ h \ Z g h g k l j m d l b j g u o g b p Z - k d j u l b c Z ] j \_ k k b \ g j u o , Z i h a \ h e b n e k l Z r b j \_ g b h [ e Z k l p b f \_ g \_ g b l y Z e v g i u q \_ g h \ b l v k g h \ g i j b q b g g Z j m r Z x s j Z [ - h d j \_ k t g h j \_ ` g \_ \ k b k l \_ b f a l j m [ q Z I w e \_ l h k i h k h [ g h k d y u l b c h g k l j m : d p b c f \_ g l h \ g Z h k g h \ Z g b j Z k q \_ l g d k i - j b - i j h p \_ k k b j [ p b b \_ j \_ g h Z Z \_ k k b \ g h c f \_ g l Z e v g h r c \_ g d h d Z a Z I \_ d e h j c h a b h g g k j c ^ b i j h ^ m d l h l j j h a b j i a d j u l b \_ - j Z k l j \_ k d b \ Z h g b j u l b i h ^ ^ \_ c k l \ b \_ f \_ o Z g b q \_ g Z b j o y ` \_ g b Z ] j \_ k k b \ g j c ^ u

F \_ l h ^ b d Z

H i j \_ ^ \_ e \_ i g b \_ d l g u h o d Z a Z I \_ e e q h - o b f b q \_ k d Z k l j m d p Z o l y j b Z i h Z j - u \ \_ q g h k l b f [ b g b j h \ Z g h g d l j m d h p k g h l b y l Z ] j \_ k k b \ g j u o , Z o \ Z g b Z a j Z [ h l Z g h c ^ b h q \_ d Z w n n b - i j h p \_ k Z u k h j [ p b b k f Z q b \ Z g Z j y Z p b \_ g l g Z ^ \_ ` g h k ] b l h \ g h k i j b l b \ h d h j g b p f \_ l Z e i h d j u l b g Z j m r Z x s Z ^ ] \_ a b x j h a b h g g Z s b l m k l Z g h \ e \_ i g u a m e v l Z - i j h p \_ k k l h j j h a b b l Z e e i Z a i h d j u l b l Z f w d k i \_ j b f \_ g l Z e k g e o ^ h \ Z g j b e \_ - i j h p \_ k k l h j j h a b b l Z e e i Z a i h d j u l b e y x s b o h d Z a Z I \_ d e h j c h a b h g k l m c d h k l b f M q b l u \ Z Z d h g h f \_ j g j Z k l j m r \_ g b y i \_ j \ b q g b c l h j b q g a Z s b l i j b h i j \_ ^ \_ e b d j u l b c Z ] j \_ k k b \ g j u o , Z i o j h d e m ` [ a r Z l \_ e v g ( m k d h j \_ g g e a k l \_ g ^ h ) \ u d k i u l Z

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

щитних покриттів для установлених критеріїв отказа виражається наступними залежностями:

– для первинної системи захисту ( $T_3$ )

$$T_3 = t_n + t_3 + t_{om} \triangleright, \quad (2)$$

– при відновленні захисних властивостей покриттів ( $T_n$ )

$$T_n = t_n + t_3,$$

де  $t_n$  – час проникнення агресивної середовища до поверхні металу, рік;  $t_3$  – час від моменту проникнення агресивної середовища до початку корозії, років.

Термін служби протикорозійної захисту при ремонтно-відновлювальних роботах визначається як проміжок часу, необхідний для досягнення отказа відновленої системи захисту:

$$T_n = b \cdot T_3,$$

де  $b$  – коефіцієнт зміни терміну служби відновленого покриття при ремонті.

Діагностика корозійного стану металізаційних покриттів і визначення терміну служби виконується з допомогою залежності:

$$T_m = \frac{a_m \cdot h_0 \cdot t_m}{K} 10^{-3},$$

де  $a_m$  – ступінь руйнування існуючого металічного покриття;  $h_0$  – проектна тов-

щина покриття, мкм;  $t_m$  – середня відносна довговічність 1 мм металізаційного покриття, г/м<sup>2</sup>·мм.

Розрахунково-експериментальна оцінка показників довговічності захисних покриттів виконана на основі моделювання фізико-хімічних впливів в процесі прискорених випробувань зразків із закритих трубчастих профілів з захисними покриттями, призначеними для довготривалої захисту від корозії (рис. 1).

Вибір систем захисних покриттів включав аналіз показників технологічної раціональності протикорозійної захисту  $B_{oz}$  при виготовленні збірно-розбірних трубчастих конструкцій.

Розглянуті об'ємно-планувальні рішення конструкцій покриттів просторово-стержневої системи (ПСС) з розрешеною схемою розташування трикутних, плоских ферм і доборних елементів на прикладі конструктивного рішення системи «Кристалл» багатомірного призначення (рис. 2).

Порівняльна оцінка захисних властивостей і обґрунтування коефіцієнтів надійності  $\gamma_{zn}$  зроблені для покриттів, отриманих при електрохімічному цинкуванні, дифузійним нанесенням у розплаві цинка, цинкполімерних і комбінованих покриттів.

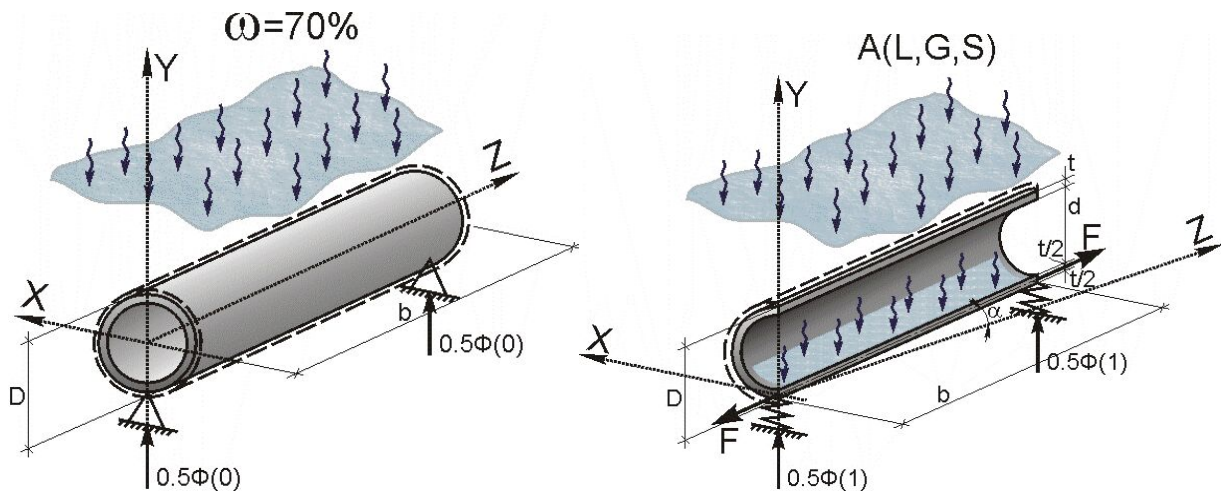


Рис. 1. Обобщенные модели коррозионных воздействий

Fig. 1. Generalized model of corrosion effects



### Научная новизна и практическая значимость

Основной целью проведения определительных испытаний является определение методом экспериментального исследования фактической несущей способности и деформативности конструкции пространственной фермы с муфтовыми сборно-разборными соединениями с последующим использованием полученных результатов для ее совершенствования.

Силовые испытания для проверки эффективности принципов формообразования при мелкосерийном производстве сборно-разборных трубчатых конструкций с гарантированной долговечностью проведены с целью: экспериментального изучения эксплуатационных свойств конструкции при предельных значениях нагружения; выявления элементов, в которых при максимальной контрольной нагрузке проявляются признаки предельных состояний; определение фактической несущей способности конструкции и характера разрушения (рис. 3). Комплексная оценка показателей технологической рациональности выбранного вида конструкционного полимера на стадии проектирования связана с разработкой научно обоснованных методов оценки долговечности конструкционного сотопласта, а также нормативных документов, регламентирующих правила технической эксплуатации [10, 18].

Решающее значение при учете требований технологической рациональности оказывают

результаты стендовых (натурных) испытаний, где учитываются условия атмосферного старения, для которых преобладающее влияние оказывает аperiодический характер технологических выделений среды, формирующих показатели агрессивности условий эксплуатации.

Строительные материалы, применяемые в комбинированных ограждающих панелях, оборудование и оснастка для их изготовления на автоматизированных поточных линиях в широком ассортименте предлагаются зарубежными компаниями и отечественными производителями [17]. Основные показатели технологичности конструкционных полимеров комбинированных ограждающих конструкций приведены в табл. 2.

Оценка показателей долговечности и технологичности элементов ограждающих конструкций выполнена на основе комплексного подхода, разработанного в научно-испытательной лаборатории «Антикор-Дон» ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», который обеспечивает реализацию следующих этапов: зонирование и систематизацию состава и конструкций агрессивных воздействий на элементы конструкций; анализ вариантов конструктивных схем комбинированных ограждающих конструкций; количественную оценку показателей долговечности конструкционных пластиков; сравнительный анализ долговечности конструктивных форм [6].

*a–a*



*б–б*

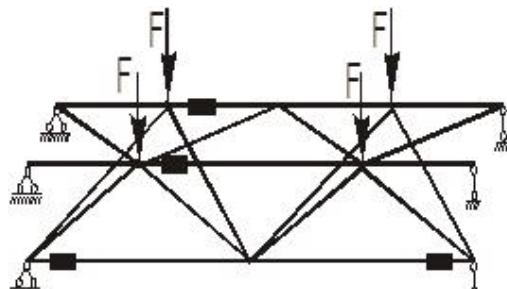


Рис. 3. Пространственный блок:  
*a* – общий вид при проведении испытаний; *б* – схема приложения узловой нагрузки

Fig. 3. Dimensional block:  
*a* – General view during testing; *b* – scheme of application of the nodal load

LJ:GKIHJLGM>1<GBPL<H

L Z [ e b 2 p Z

L \_ o g h e h ] b q g h g k l j m d p b h i g e u b f \_ j h \  
d h f [ b g b j h \ Z g g ] j z ` ^ Z x s b b g k l j m d p b c

Table 2

Technological of engineering polymers for combined walling

NjZ]f_g h g k l j m d l b \ g h ] g b y	l h d Z a Z l l _ e g h e h ] b q ( e h ) k l b	g b _ y _ i j _ ^ _ e v g h _ l l _ _ i j _ ^ _ e v g h _ ] h \ _ q g h k l b	H [ s Z g Z j Z d	l _ j b k l b d h z e
K h i j y ` _ g i l j n b e y g _ k m s _ o d h g k l j m d p b b	W e _ f _ k h l _ ^ b g _ i e Z k l b g	k h k l h y g b	k h k l h y g b	e _ l
		12 í 15	7 í 10	19 í 25
		10 í 11	5 í 7	15 í 18
		6 í 9	3 í 5	9 í 14

< u \ h ^ u

l j Z d l b q \_ k i j b f \_ g \_ g b Z a j Z [ h l h k e m  
s \_ k l \ e \_ g j h j \_ Z e b a Z p h p k l j m d i j b c  
k l j Z g k l \ \_ g g e h ] b \ Z d Z q \_ k k \ \_ l h i j h a j Z q  
g h ] h h d j u l b [ 1 9 ] . l j h k l j Z g k l \ \_ g g e u b c d  
i h d j u l b y h k l h b a n \_ j f l j \_ m ] h e v g h ] h j  
l Z g b y k h \_ ^ b g \_ g l g d b g v d h \ h h i h j g u o  
m a e Z j h ] h g Z f g Z d h l h j u m d e Z ^ u \ Z x l k y  
i h e b f \_ j g i e Z k l b g u  
H k g h \ g g \_ k m s b l h g k l j m d ( m b b j f u  
i j h ] h g u r i j \_ g ] \_ e v j Z k d h ) k w i h e g \_ b a  
k l \_ j ` g \_ e Z f d g m l d j i m ] e h i j j h n b e y q l h  
\ k \ h x h q \_ j \_ r h \ u r Z \_ d h j j h a b h g k l h e  
d h k l d h g k l j m d l i j \ Z i h e Z ] Z h \ l u r \_ g b y

m j h \ g y h e ] h \ \_ q g h k l b g v r \_ g b l Z e e h \_ f  
d h k l d h g k l j m d p h b [ j Z a h \ Z g h \ y u o h j f  
d h g k l j m d j b b k e ) .  
M d Z a Z g g j u b g p b i u n h j f h h [ j Z a h \ Z g b y  
k \ y a Z g h k i e v a h \ Z g b Z e e h i e Z k l b d h \ u o  
i j h n b e \_ i c h e b f \_ j g u Z g \_ e \ d Z q \_ k h ] \_  
j Z ` ^ Z x s b b g k l j m d p b c  
l j \_ ^ e h ` \_ g g u r \_ g b y [ \_ k i \_ q b \ Z g b  
\_ g b i h d Z a Z l d e h g o \_ g l j Z p b Z e e q Z h  
i j b j Z a \ b l h i d \ \_ j o g h k d h g k l j m d l b \ g u o  
w e \_ f \_ g l h i j \_ ^ \_ e y g l h [ o h ^ b f h j Z l a j Z  
[ h l d w n n \_ d l b \ g u j o h h [ \_ k i \_ q \_ b Z j Z g  
l b j h \ Z g g h b e ] h \ \_ q g h k l d h g k l j m d p b h g g u o  
j e Z k l b d h \

Z í Z

LJ: G K I H J L G M > 1 < G B P L < H

[ i b

J b. k. D h g k l j m d l j \ g h g b j h k l j Z g k l \ - k d g h ` g \_ \ h e m d Z  
Z- f h g l Z ` g m c d j m i g \_ d g b d - m a e k h i j y ` \_ g v e \_ f \_ g f h v m k l h l \_ i e h z e y m k n \_ j Z  
2 - k l \_ j ` g d h j h l u r ; 3 e k l \_ j ` g t b k g h \ g 4 \_ h \ Z e v g h \ \_ j k l b \_

Fig. 4. A constructive solution of space frame block:

a – enlarged mounting block, – junctions: 1 – hollow semi-sphere, 2 – rods-short stacks, 3 – the main rods, 4 – oval hole

K I B K H B K I H E V A H < : G G U O 7 .  
B K L H Q G B D H <

1. = b [ Z e \_ g d G F h g b l h j b h g ] I Z l h q g j h ] h  
k m j k Z \_ l Z e e h d h g k l j m d p b j c h a b h g g u o  
k j \_ ^ Z a G = b [ Z e \_ / g d h g Z m i d . K \_ j • y  
= Z e m a f Z r b g h [ m ^ m \ Z g n y \ g b p l \ h  
l h e l Z b Z p \_ a g m d - l h e l Z , 2015. - < b. i 8.  
3 (45). - K 110-116.
2. = b [ Z e \_ g d k G J Z p b h g Z e i v g h d l b j h \ Z  
g b \_ d h f [ b g b j h \ Z g h j u z ` ^ Z x s t d h g k l  
j m d p b c . G = b [ Z e \_ / g d h k l h [ m ^ m \ Z g g y  
l \_ j b l h j • Z e i v g m \ Z : g g y m l d o g a . [ / g .  
D b . € g Z p m d [ m ^ Z • Z j o • l \_ d l m p b , € \  
2015. - < b. i 58. - K 81-89.
3. = b [ Z e \_ g d k G H p \_ g d l m q \_ k l b Z e e h 10.  
d h g k l j m d p j b c f h ^ \_ e b j h \ Z g d l h j h \  
w d k i e m Z I Z p G b = b [ Z e \_ g d k L j h n b f  
q m / d G Z m b z j h ] j \_ k j Z g k i h j + r 2016. -  
< 2 (62). - K 119-128. doi: 10.15802/stp2-  
016/67327.
4. = b [ Z e \_ g d k G J Z k q \_ m d h k i \_ j b f \_ g l Z e m g Z  
h p \_ g d z j Z d l \_ j b k l b d l m q \_ k l f b l Z e  
e h d h g k l j m d p l b a j h \ h ^ Z G = b [ Z e \_ g d h  
L K L j h n b f q m . d K D h \ Z e \_ / g d h g Z m d  
i j . / M d j ^ \_ j . m - g a Z e . • b j z g k + O Z j d • \  
2016. - < b. i 160. - K 65-75.
5. > ; G < 1.2-14-2009. A Z ] Z e v j d g p b i a Z [ \_ a  
i \_ q \_ g g z ^ • c g h z d h g k l j m d l h \ g h i € d b  
[ m ^ • \ \_ e i h j m f m ^ • \ \_ e v b h g k l j m d z • q 2.  
h k g . h \ D b € F • g j \_ ] • h g m r d j Z , € 2009. -  
37 k
6. > K L M < 2.6-193:2013. A Z o b f k l l Z e \_ \ d h e g  
k l j m d p • d d h j h . a e € f h ] b h i j h \_ d l m \ Z g g y  
- D b € F • g j \_ ] • M d j Z , € 2013. - 74k

? d k i e m Z I Z p e z g l b \ h k l z o b l e v d h j h a • €  
[ m ^ • \ \_ e v g f b \_ d Z e h d h g k l j m d p a c h [ d b  
• i j Z d l b q g b b k \ • a Z [ \_ a i \_ q ^ d h j h \ a • q  
g h k l : • i j \_ t ^ h k G < < E k : g l b d h j h g /  
> h g [ g Z p z d Z [ m ^ Z • Z j o • l \_ d l m j d e Z ^  
H F . = • [ Z e \_ [ g z h g ; j \_ ^ < l . D h j h e . v h \  
> h g \_ p v d h j j \_ k 2005. - 45k  
D h j h e z \ l . L \_ h j \_ l b q \_ h k k g h \ b g ` \_  
g \_ j g u p Z k q \_ l k \ Z e v g d h g k l j m d g z c  
d h j j h a b h g g t h x c d h k d v ^ e ] h \ \_ q g / h k l v  
< l . D h j h e / z K [ g Z m l g - > h g \_ p 95. -  
< u i 1-95. - K 24-25.  
I Z \ e h G G K I Z j \_ g i b e Z k l f Z k k l \_ k f \ \_ g  
g u d b k d m k k l \ \_ m g e b \ b G c G I Z \ e h \  
- F h k d \ D b f b 1982. - 224k  
I Z I 36144: M d j Z , € F g l Z (2006) ? 04 < 7/00.  
l j h k l h j h \ h e h d h d j b l v y < l . D h j h e . v h \  
H F . = • [ Z e \_ [ g z h g ; a Z y \ g l b z d l \_ g t h \  
e Z k g b d g [ ^ \_ j . Z d Z [ m ^ Z • Z j o • l \_ d l m j b  
- < 99116090 ; a Z y \ 05.11.1999 ; h i m . [ e  
16.04.2001 ; ; x e < 3. - 4 k  
l y k h [ b i h d h g l j h e x k l h y g b j h b l \_ e v g u o  
f \_ l Z e e b q \_ k d h g l j m d p z g b c k h h j m  
` \_ g b e Z ] j \_ k k b \ g j u o ^ , Z i q h \ \_ ^ \_ g b f  
k e \_ ^ h \ Z h j b \_ d l b j h \ Z g b k l Z g h \ e \_ g b y  
a Z s b l d h g k l j m d p b e h j j h a b d K G b l  
2.03.11-85) / k h k e h e m [ \_ B , = h j h o h \ ,  
D h j h e < l . [ b ^ ] . - F h k d \ Z K l j h c b a ^ Z I  
1989. - 51k  
K Z c h b j f u C A M P U S [ W e \_ d l j h g j g u k n ] j k  
- J \_ ` b f ^ h k l m i l z t p : / w w w . c a m p u s \_ p l a s -  
t i c s . c o m / c a m p u s h o m e / c o c . A Z . ] e k w d j Z g - Z  
l j h \ \_ j \_ g 02.07.2016.





O. M. GIBALENKO<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Construction, Technical Operating and Reconstruction», Pryazovskyi State Technical University, Universytetska St., 7, Mariupol, Ukraine, 87500, tel. +38 (050) 473524, e-mail alexgib@yandex.ru, ORCID 0000-0003-2979-5225

## THE DECREASE IN THE LEVEL OF CORROSION HAZARD IN THE RATIONAL DESIGN OF METAL STRUCTURES

**Purpose** The paper highlights development the principles of robust (sustainable) design in the constructive decisions substantiation of the primary and secondary protection for steel structures based on the control of corrosion risk level of construction projects, structural adaptation and technological rationality when operating in conditions of corrosive environments impact methodology. The computational methods for assessing the reliability and structural safety were used and developed by authors. **Methods** of methods there is a construction of information-analytical databases attributive parameters on the corrosion state of metal construction for the improvement and control measures the primary and secondary corrosion protection. **Findings**. The basis was proposed for setting and implementing management tasks exploitation service life of buildings and structures in corrosive environments. It achieved by improving the quality and reliability of primary and secondary protection steel structures considering corrosion level hazards management of process safety in a specified period of steel-structures service. **Originality**. The principles of robust design of corrosion protection, taking into account the established reliability and constructive security with combined metal structures under corrosive environments based on the methodology of limit states of structures (taking into account the level of danger of corrosion) were developed. The metering method confirmation of conformity corrosion protection measures for reserving a workable and tasks of the service life composite structures and the protective coatings was used. **Practical value**. The substantiation methodology of the design solutions and assessment of their conformity upon corrosion risks indicators of construction projects was developed. Technical solutions providing the level of risk emergency situations were realized.

**Keywords** metal construction; the durability; the process approach; ensuring reliability; robust design; corrosion risk level

### REFERENCES

- Gibalenko A.N. Monitoring ostatochnogo resursa metallokonstruktsiy v korrozionnykh sredakh [Monitoring of residual resource in metal corrosion environments]. Zbirnyk naukovykh prats. Seriya: haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstv [Proc. Series: Industrial engineering, construction], 2015, issue 3 (45), pp. 110–116.
- Gibalenko A.N. Ratsionalnoye proektirovaniye kombinirovannykh ogradhdayushchikh konstruktsiy [Rational design of combined walling]. Naukovo tekhnichniy zbirnyk «Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya» [Science and research collection. Town planning and territorial planning], 2015, issue 58, pp. 81-89.
- Gibalenko A.N., Trofimchuk T.S. Otsenka zhivuchesti metallokonstruktsiy pri modelirovanii faktorov ekspluatatsii [Metal structures survivability assessment when simulating service conditions]. ta progres transportu – Science and Transport Progress, 2016, no. 2 (62), pp. 119-128. doi: 10.15802/stp2016/67327.
- Gibalenko A.N., Trofimchuk T.S., Kovalenko A. Raschetno-eksperimentalnaya otsenka kharakteristiki zhivuchesti metallokonstruktsiy puteprovoda [Settlement and experimental evaluation of characteristics for metalwork overpass survivability], 2016, issue 160, pp. 65-75.
- DBN V.1.2-14-2009 Zahalni pryntsyipy zabezpechennosti ta konstruktsiynoi bezpeky budivel, sporud, budivelnykh konstruktsii ta osn [State Building Norms V.1.2-14-2009. General principles of reliability and structural safety of buildings, structures and foundations]. Kyiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2009. 37 p.
- DSTU B V.2.6-193:2013. Zakhyst metalevykh konstruktsii vid korozii. Vymohy do proektuvannya [State Standard B V.2.6-193:2013. Protection of metal structures from corrosion. Requirements for the design]. Kyiv, Minrehion Ukrainy Publ., 2013. 74 p.
- Hibalenko O.M., Korolov V. P. Ekspluatatsiini vlastyivosti i zakhyst vid korozii budivelnykh metallokonstruktsii: Rozrobky i praktychni dosvid zabezpechennia dovhovichnosti: pres-dosie NVVL «Antykor-Don» [Operating properties and corrosion protection of metal constructions: development and experience to ensure durability]. Donetsk, Nord-Press Publ., 2005. 45 p.
- Korolev V.P. Teoreticheskiye osnovy inzhenernykh raschetov stalnykh konstruktsiy na korrozionnyuyu stoykost i dolgovechnost [Theoretical foundations of engineering calculations of steel structures on the corrosion resistance and durability]. Donetsk, 1995, issue 1-95, pp. 24-25.

LJ: G K I H J L G M > 1 < G B P L < H

9. Pavlov N.N. Stareniye plastmass v estestvenni i iskusstvennykh usloviyakh [Aging of plastics in natural and artificial conditions]. Moscow, Khimiya Publ., 1982. 224 p.
10. Korolov V.P., Hibalenko O.M., Voitova Zh.M., Horokhov O.Ye. Pat. 36144A Ukraina, MPK (2006) E 04 V 7/00. Prostorovyi blok pokryt'ya [Spatial unit of cover]. Donetsk, 1999, No. 991160901. 4 p.
11. Golubev A.I., Gorokhov Ye.V., Korolev V.P. Posobiye po kontrolyu sostoyaniya stroitelnykh metallicheskiikh konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy v agressivnykh sredakh, provedeniyu obsledovaniy i proyektirovaniyu vosstanovleniya zashchity konstruktsiy ot korrozii (k SNiP 2.03.11-85) [Manual for condition monitoring of metal structures of buildings and structures in aggressive environments, surveying and the design of the restoration to protect structures against corrosion]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989. 51 p.
12. Sayt firmy CAMPUS (CAMPUS firm site). Available at: <http://www.campusplastics.com/campushome/coc> (Accessed 02 July 2016).
13. Trushchev A.G. Prostranstvennyye metallicheskiye konstruktsii [Spatial metal structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1983. 215 p.
14. Arner M. Taguchi and his Ideas on Robust Design. Statistical Robust Design: An Industrial Perspective, 2014, pp. 195-208. doi: 10.1002/9781118842003.ch11.
15. Ellobody E., Feng R., Young B. Finite Element Modeling. Finite Element Analysis and Design of Metal Structures 2014, pp. 31-55. doi: 10.1016/b978-0-12-416561-8.00003-2.
16. Hollaway L. The Evolution of and the way Forward to Advance Polymer Composites in the Civil Infrastructure. Construction and Building Materials 2003, vol. 17, issue 6-7, pp. 365-378. doi:10.1016/S0950-0618(03)00038-2.
17. Korolov V., Vysotskiy Y., Filatov Y. Design criteria of reliability and safety in the design of corrosion protection of structural steel. Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications : The European Corrosion Congress (8-12 September 2014). Pisa, Italy, 2014.
18. Mozaffari A., Ebrahimnejad M. The Great Salmon Run Metaheuristic for Robust Shape and Size Design of Truss Structures with Dynamic Constraints. Intern. Journal of Applied Metaheuristic Computing 2014, vol. 5, issue 2, pp. 54-79. doi: 10.4018/ijamc.2014040104.
19. Nutt-Powell Thomas E. The House That Machines Built. Making Sense of a Housing Opportunity. Boston. Boston, Auburn House Publishing Company Publ., 1982. 40 p.
20. Ronald L., Reyes P., Reyes H. Progress in Naval Composite Advanced Materials and Processes 1987. 35 p.
21. Singh R. Corrosion Control and Monitoring. Corrosion Control for Offshore Structures 2014, pp. 41-44. doi:10.1016/B978-0-12-404615-3.00003-6.
22. Smallowitz H. Reshaping the Future of Plastic Buildings. Civil Engineering (ACSE) 1985, vol. 55, issue 5, pp. 38-41.

K I Z l v j \_ d h f \_ g ^ h d z m z e b d z p b d i j h n < l . D h j h e z \ ( M d j z b g z ) . g , i j h n  
< > l \_ l j \_ g d M d j z b g z

l h k l m i b e j z ^ d h e e : 24.08.2016  
l j b g y l z i \_ q z 04.07.2016