

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2022.25.7>

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Научная статья

Королёв В.П.^{1*}, Герман Г.А.²

¹ Приазовский государственный технический университет, Мариуполь, Донецкая Народная Республика;

² Донецкий национальный технический университет, Донецк, Донецкая Народная Республика

* Корреспондирующий автор (skif.build.fond[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы рационального выбора материалов и технологий при проектировании систем противокоррозионной защиты конструкций. Представлен анализ требований технико-экономической защищённости промышленных объектов на основе альтернативных решений средств защиты от коррозионного разрушения. Показано, что коррозионная защищённость характеризует способность соответствовать установленным показателям качества, надёжности и безопасности с учетом организационно-технических мер, обеспечивающих нормальное функционирование на протяжении жизненного цикла (ЖЦ) систем противокоррозионной защиты конструкций (СПЗК).

Выполнено систематизированное описание нормативных (базовых, характеристических) воздействий и репрезентативных значений факторов коррозионной агрессивности. Расчетные характеристики коррозионной стойкости, долговечности и ремонтпригодности конструкций и их защитных покрытий получены на основе экспериментальных данных в соответствии с установленными нормами проведения определительных испытаний.

При проектировании конструкций учитываются расчетные модели качества, матрица выбора уровня надежности и управления циклами развития СПЗК. Обоснование проектных показателей долговечности стальных конструкций предлагается производить с учетом коэффициентов надежности и готовности противокоррозионной защиты. Коэффициенты надежности первичной и вторичной защиты учитывают неопределенность расчетных моделей коррозионной защищённости конструкций и сооружений. Коэффициент готовности стальных конструкций принят в качестве комплексного показателя ремонтпригодности для анализа вариантов конструктивных и технологических мер первичной и вторичной защиты.

Обоснованы этапы параметрического проектирования СПЗК на основе системного анализа определительных признаков коррозионного состояния и процессного подхода к обеспечению технологической безопасности промышленных объектов. Сформирована логистическая система резервирования живучести конструкций в соответствии с требованиями метода расчета по предельным состояниям.

Ключевые слова: стальные конструкции, противокоррозионная защита, расчет по предельным состояниям, коррозионная защищённость, параметрическое проектирование, жизненный цикл, промышленные предприятия.

THE USE OF ASH WASTE FOR THE ARTIFICIAL TRANSFORMATION OF CLAY SOILS

Research article

Korolyov V.P.^{1*}, German G.A.²

¹ Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, Donetsk People's Republic;

² Donetsk National Technical University, Donetsk, Donetsk People's Republic

* Corresponding author (skif.build.fond[at]mail.ru)

Abstract

The article discusses the issues of rational choice of materials and technologies in the design of anticorrosive protection systems of structures. The study presents an analysis of the requirements of technical and economic security of industrial facilities on the basis of alternative solutions of means of protection against corrosion destruction. It is shown that corrosion protection characterizes the ability to meet the established indicators of quality, reliability, and safety, taking into account organizational and technical measures that ensure the regular functioning throughout the life cycle (LC) of anticorrosive protection systems of structures.

The study carries out a systematic description of normative (basic, characteristic) impacts and representative values of corrosion aggressiveness factors. The calculated characteristics of corrosion resistance, durability, and maintainability of structures and their protective coatings are obtained on the basis of experimental data in accordance with the established standards for conducting definitive tests.

The design of structures takes into account the calculated quality models, the matrix of choosing the level of reliability and management of the development cycles of the anticorrosive protection systems of structures. The study proposes to substantiate the design indicators of the durability of steel structures taking into account the coefficients of reliability and readiness of anticorrosive protection. The reliability coefficients of primary and secondary protection take into account the uncertainty of the calculated models of corrosion protection of structures and structures. The preparedness coefficient of steel structures is adopted as a comprehensive indicator of maintainability for the analysis of options for structural and technological measures of primary and secondary protection.

The study substantiates the stages of parametric design of the anticorrosive protection systems of structures on the basis of

a system analysis of the definitive signs of the corrosion state and a process approach to ensuring the technological safety of industrial facilities. The authors form a logistic system for reserving the survivability of structures in accordance with the requirements of the limit state design method.

Keywords: steel structures, anticorrosive protection, calculation by limiting conditions, corrosion protection; parametric design, life cycle, industrial enterprises.

Введение

Реформа системы технического регулирования в строительном комплексе, выход на международные стандарты в области обеспечения качества, надежности и безопасности создали благоприятные условия для адаптации национальных технических регламентов, гармонизации строительных норм и правил. Вместе с этим, остаются нерешенными вопросы анализа эффективности мер противокоррозионной защиты, что вызвано низким уровнем коррозионного инжиниринга и менеджмента служб промышленных предприятий и ведомств. Снижение затрат на содержание конструкций зданий и сооружений требует постоянного улучшения качества систем противокоррозионной защиты конструкций (СПЗК), обособления параметров технико-экономической защищенности промышленных объектов.

Нормативные требования к показателям качества связаны с обоснованием мер:

- первичной защиты по коррозионной стойкости, K (мм/год), или степени агрессивности воздействий среды, A_k (г/м²×год);

- вторичной защиты по сроку службы защитного покрытия, T_z (год).

В зависимости от стадии жизненного цикла (ЖЦ) конструкций оценка коррозионной стойкости и долговечности включает:

- на стадии проектирования и изготовления – выбор мер первичной и вторичной защиты с учетом проектных значений степени агрессивности среды строительного объекта;

- при эксплуатации и реконструкции – контроль коррозионного состояния конструкций, поддержание показателей качества и возобновление защитных покрытий.

Действующие нормы проектирования [1], [2] устанавливают рекомендательные требования к оценке и принятию решений на основе свойств или характеристик средств и методов противокоррозионной защиты. Эксплуатационный контроль показателей (K , T_z) по указаниям Пособия [3] направлен на обеспечение работоспособного состояния конструкций и сооружений. При этом, исходя из базовых положений безопасности зданий и сооружений [4], имеет место неопределенность параметрических данных по мерам коррозионной защищенности, что создает препятствия для регулирования целевых значений качества и долговечности строительных объектов. Как следует из анализа особенностей нормативного сопровождения, комплексная проблема предотвращения коррозионного разрушения может быть решена путем создания многоуровневой системы критериального проектирования средств и методов защиты от коррозии. Реальный переход к инновационному использованию средств и методов защиты от коррозии (СМЗК) связан с внедрением корпоративных инструментов управления с учетом требований Пособия [3] и задач обеспечения технологической безопасности промышленных предприятий.

Цель статьи – развитие технологии управления коррозионной защищенностью объектов стального строительства на основе программно-целевого оценивания технико-экономических параметров систем противокоррозионной защиты конструкций.

Поиск методологической платформы дальнейшего совершенствования норм защиты от коррозии связан с разработкой основ, принципов и методов параметрического моделирования коррозионной защищенности стальных конструкций. Коррозионную защищенность следует рассматривать как способность системы противокоррозионной защиты конструкций (СПЗК) соответствовать заданным требованиям качества, надежности и безопасности на основе организационно-технических мер, установленных для нормального функционирования в течение ЖЦ промышленного объекта. В самом общем виде оценка и моделирование параметров СПЗК базируются на методах системного анализа (диагностики, обоснования критериев, моделей) и процессного подхода (регламентации функций входа/выхода системы).

В основу параметрического моделирования СПЗК положены расчетные положения метода предельных состояний и качественные индексы системы менеджмента технологической безопасности предприятий [5], [6], [7], [8]. При этом обеспечивается взаимосвязь и взаимообусловленность определяющих параметров коррозионного состояния (ОПКС) с учетом особенностей функционирования промышленных объектов. Для обеспечения требований технико-экономической защищенности выполняется формализация расчетных критериев и контрольных нормативов качества СМЗК, уровня надежности, показателей живучести и ремонтпригодности СПЗК.

Сущность параметрического проектирования СПЗК заключается в обосновании модели коррозионной защищенности, позволяющей реализовать требования к первичной и вторичной защите стальных конструкций с учетом всех стадий ЖЦ промышленного объекта. Для владельца основных фондов повышение эффективности технической эксплуатации конструкций зданий и сооружений связано с реализацией мер программы обеспечения надежности (ПОН). Выбор рациональной СПЗК способствует высвобождению финансовых и материальных ресурсов, нерационально используемых из-за ремонтов, преждевременного износа и сокращения сроков службы.

Статистический контроль качества и долговечности СМЗК

Современная практика проектирования стальных конструкций предполагает обеспечение показателей долговечности (K , T_z) путем создания допусков на коррозию или нанесения защитных покрытий. Проектные спецификации систем лакокрасочных покрытий разрабатывают по требованиям ISO 12944. Однако установленные стандартом ISO 12944–1 интервальные диапазоны срока службы (низкий, средний, высокий и очень высокий) не являются «гарантированной долговечностью» защитных покрытий, их назначение ориентировано на формирование мер технического обслуживания.

Параметрическое проектирование СПЗК предполагает оценку, на основе единых методик контроля стандартов

ЕСЗКС, характеристических значений коррозионных потерь (A_m , г/м²) и срока службы покрытий (T_z , год). Разработанная методика обеспечивает статистический контроль (SQC) допусков предельных отклонений ОПКС в процессе испытаний эталонных образцов СМЗК [5]. Основные этапы диагностики коррозионной защищенности связаны с аналитическим описанием взаимодействия факторов коррозионной агрессивности и конструктивных параметров, оценкой контрольного норматива (K_p , г/м²), обоснованием гарантированного проектного срока службы ($T_{zγ}$, год), регламентацией категории ответственности и уровня надежности СПЗК [6]. При определении степени агрессивности режима испытаний (A_m , г/м²) во внимание принимаются относительная погрешность, размер выборки, доверительная вероятность и значение коэффициента вариации репрезентативных данных.

Необходимость использования диагностических моделей качества и долговечности СМЗК (рис. 1) обусловливается ужесточением режима эксплуатации промышленных объектов, снижением запаса прочности, возможными последствиями предельных состояний конструкций и сооружений.

Физико-химическое моделирование конструктивных параметров и факторов агрессивной среды выполняется для расчетно-экспериментального контроля основных характеристик СМЗК:

• Φ_j – реакции поверхности однородного конструктивного элемента (г/м²) на обобщенные воздействия A_m (L, W, G, S, T, R), где L – жидкая фаза, W – адсорбционная влага, G – газообразные компоненты, S – твердые среды, T – температура, R – солнечная радиация;

• A_3 – обобщенного показателя защитных свойств СМЗК.

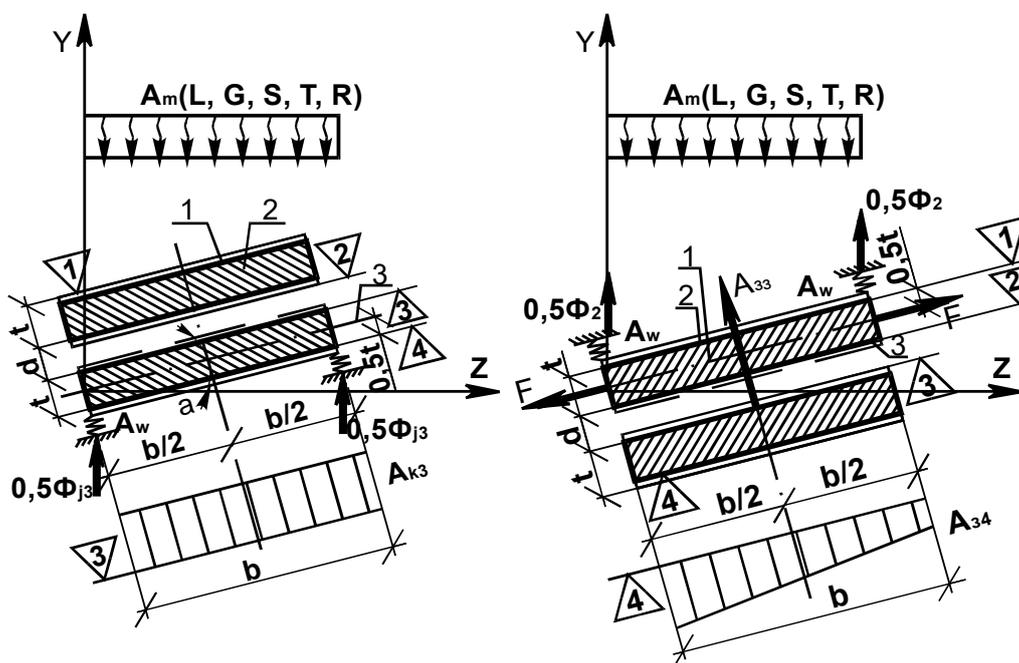


Рис. 1 – Расчетная модель ОПКС качества и долговечности СМЗК

Параметры качества и долговечности (Φ_j, A_3) представляются в виде относительного распределения эффектов взаимодействия внешних факторов A_m (L, W, G, S, T, R) и характеристик i -той поверхности j -того однородного конструктивного элемента СПЗК:

- единичной эпоры ($A_{ki,j}$) коррозионного разрушения;
- единичной эпоры ($A_{zi,j}$) старения и деградации защитных покрытий.

Расчетные модели СМЗК, для оценивания коррозионной стойкости (по ГОСТ 9.908) и долговечности (по ГОСТ 9.407), позволяют управлять расчетным сроком службы покрытий путем задания критериев отказа по категории ответственности СПЗК. Параметрическое проектирование обеспечивает заданный уровень надежности СПЗК на основе выбора расчетных ситуаций и регулирования коррозионной защищенности по признакам предельных состояний стальных конструкций.

Обоснование требований надежности

Как известно, основные требования EN 1990 по обеспечению качества и надежности конструкций предусматривают выполнение расчета по методу предельных состояний с использованием частных коэффициентов безопасности и сочетаний нагрузок согласно EN 1991. К сожалению, сложные задачи классификации агрессивных сред и выполнения коррозионных испытаний [10] не нашли приемлемого описания в нормативных документах [1], [3]. Поэтому в действующих нормах отсутствуют регламентные принципы расчетно-экспериментальной оценки показателей надежности СПЗК на основе характеристических параметров качества (Φ_j, A_3) СМЗК.

Важным условием параметрического проектирования является задание уровня надежности СПЗК с учетом признаков коррозионной защищенности (ZI – ZIV) или коррозионной опасности (KI – KV). Проектирование мер первичной и вторичной защиты включает задание характеристических параметров коррозионной стойкости и долговечности, требующих регламентного процедур подтверждения соответствия в течение всего ЖЦ конструкций. Расчетно-экспериментальная оценка коррозионной стойкости и долговечности производится для формирования базы данных СПЗК ускоренных или стендовых (далее – определятельных) испытаний фрагментов конструктивных элементов (эталонных образцов) [6].

В результате анализа репрезентативных выборок характеристических параметров (Φ_b , A_3) устанавливается контрольный норматив (K_p , г/м²), соответствующий коррозионным потерям незащищенной стали С235 в момент истощения защитных свойств эталонных образцов покрытий. Предельное состояние (отказ) защитных свойств $A_z=0,35$ соответствует критическому значению толщины ржавчины $h_k=100$ мкм под слоем лакокрасочного покрытия. Использование критерия отказа $h_k=100$ мкм целесообразно для подтверждения сроков службы вторичной защиты, когда отсутствуют видимые разрушения лакокрасочного покрытия по обобщенному показателю A_z и происходит развитие подпленочной коррозии.

Расчетные модели качества и долговечности СМЗК (см. рис. 1) позволяют обосновать характеристические показатели и частные коэффициенты для параметрического проектирования по уровню надежности СПЗК (табл. 1).

Таблица 1 – Расчетные показатели параметрического проектирования по уровню надежности СПЗК

Критические предельные состояния		Уровень надежности СПЗК	Параметры регулирования расчетных ситуаций	Обозначение параметра	Расчетные показатели	
Группа	Требования безопасности				Частные коэффициенты	Эффекты воздействий
I	Обеспечение несущей способности	KI – KV	Конструктивная приспособленность	$1kc$	$\gamma_{fk}, \gamma_{mk}, \gamma_{zk}$	A_n
			Коррозионное разрушение	$1kw$	γ_{zf}	-
			Живучесть	$1kr$	ψ_m	$T_{k\eta}$
II	Эксплуатационная пригодность	ZI – ZIV	Долговечность	$2kd$	γ_{zn}	$K_p, T_{ky}/T_{zy}$
			Технологическая безопасность	$2ks$	-	R_i
			Ремонтопригодность	$2kt$	-	K_p, K_g

Примечание. в таблице использованы обозначения: коэффициентов надежности – по воздействиям (γ_{fk}); по коррозионной стойкости материала (γ_{mk}); первичной защиты (γ_{zk}); вторичной защиты (γ_{zn}); коррозионного состояния (γ_{zf}); обратной связи (ψ_m); эффектов воздействий – характеристические годовые коррозионные потери (A_n , г/м²); ресурса по критерию живучести ($T_{k\eta}$); проектного (гарантированного) срока службы первичной/вторичной защиты (T_{ky}/T_{zy} , год); уровня риска технологической безопасности (R_i , балл); коэффициента готовности (K_g)

Срок службы первичной защиты по коррозионной стойкости (T_{ky} , год) устанавливается для проектного уровня надежности СПЗК в соответствии с расчетными положениями, изложенными в работе [7]. Долговечность вторичной защиты (T_{zy} , год) оценивается путем задания контрольного норматива коррозионных потерь (K_p , г/м²) и подтверждения соответствия СПЗК на основе требований определительных испытаний [6] с помощью зависимости:

$$T_{zy} = c \sqrt{\gamma_{zn} K_p / A_n} \quad (1)$$

где c – коэффициент кинетики коррозионного разрушения

Таким образом, характеристические показатели надежности (A_n , K_p) трансформируются за счет новых возможностей методического обеспечения определительных испытаний СМЗК в расчетные сроки службы (T_{ky}/T_{zy} , год) для подтверждения соответствия коэффициента готовности (K_g) при параметрическом проектировании СПЗК.

Коэффициент готовности (K_g) является комплексным показателем безотказности и ремонтпригодности конструктивных и технологических решений первичной и вторичной защиты:

$$K_g = \frac{T_{ky} + T_{zy}}{T_{ky} + nT_{zy}} \quad (2)$$

где T_{ky} – расчетный срок службы (год) стальных конструкций по показателю коррозионной стойкости;

T_{zy} – расчетный срок службы (год) покрытий с доверительной вероятностью $\gamma=0,95$ по результатам определительных испытаний при возникновении отказа СПЗК по обобщенному показателю защитных свойств (A_z) или критической толщине подпленочной коррозии (h_k , мкм);

n – количество ремонтных циклов возобновления противокоррозионной защиты при установленном сроке службы объекта.

Сущность концепции коррозионной защищенности, как следует из теории систем, определяют условия реструктуризации сложных процессов коррозионного разрушения в целях параметрического проектирования СПЗК путем количественной оценки коэффициента готовности (K_g). При этом эмерджентность СМЗК формирует принцип самоорганизации технико-экономических параметров качества, надежности и безопасности на протяжении всего ЖЦ СПЗК строительных объектов [8].

Внедрение в практику принципов параметрического проектирования способствует управлению надежностью СПЗК на основе требований методики предельных состояний, сформулированных в EN 1990, EN 1991 (см. табл. 1). Задание срока службы СПЗК по характеристикам первичной защиты (коррозионная стойкость) производится с учетом резерва

несущей способности и степени агрессивности воздействий на основе прочностных расчетов. Задание срока службы СПЗК по характеристикам вторичной защиты (долговечность) осуществляется путем анализа альтернативных показателей качества защитных покрытий.

Оценивание живучести по признакам коррозионной опасности выполняется для поддержания функций работоспособного состояния СПЗК с учетом характера и степени развития коррозионных повреждений конструкций [9]. Такая постановка задач позволяет обозначить требования технологической безопасности в зависимости от проектного уровня надежности СПЗК и расчетных ситуаций ПОН на протяжении ЖЦ промышленных объектов.

Обеспечение технологической безопасности

В контексте рассматриваемой проблемы технологическая безопасность представляет важную структурную составляющую безопасности предприятия, характеризующую систему мер по обеспечению коррозионной защищенности [11]. Параметрическое проектирование СПЗК включает возможность резервирования корродирующих конструкций на основе классического метода анализа рисков HAZOP (Hazard and Operability Study), регламентированного требованиями ISO/IEC 31010.

Как известно, работоспособность СПЗК характеризует техническое состояние конструкций, при котором объект соответствует функциональному назначению при наличии допустимого уровня риска. Нормальная эксплуатация зданий и сооружений в условиях деградиационных процессов определяется принятой концепцией технического обслуживания, устанавливающей выбор проектных решений:

- *f*-стратегии отказоустойчивости в течение всего ЖЦ конструкций (*fault-tolerance*);
- *s*-стратегии обеспечения работоспособности по фактическому состоянию конструкций (*survivability*).

Предупреждение коррозионного разрушения связано с регламентацией подходов к обеспечению технологической безопасности промышленных объектов на основе допусков предельных отклонений ОПКС и разработкой ПОН, включающей меры первичного и вторичного резервирования СПЗК [12].

Параметрическое проектирование предполагает использование расчетных ситуаций и моделей восстановления работоспособного состояния СПЗК. Резервирование надежности СПЗК направлено на изменение оцененного состояния коррозионной опасности (KI - KV) и переход к режиму коррозионной защищенности строительного объекта (ZI - ZIV). Резервирование корродирующих конструкций выполняется с учетом приемлемого риска по признакам технико-экономической защищенности, представленных в табл. 2.

Таблица 2 – Классификация признаков технико-экономической защищенности промышленных объектов

Состояние СПЗК	Класс риска	Характер риска	Диапазон потерь	Уровень риска (R, балл)	Размер ущерба, МРОТ
Коррозионная опасность	1	Катастрофичный	Частичное или полное разрушение конструкций и сооружений	9–10	> 72500
	2	Критичный	Потери превышают расчетные суммы валового дохода восстановления объектов	7–8	25000–72500
Коррозионная защищенность	3	Допустимый	Потери не превышают расчетные суммы прибыли при продлении ресурса и технологическом обновлении объектов	5–6	2500 – 25000
	4	Приемлемый	Потери не превышают затрат на поддержание качества в период срока эксплуатации объекта	1–4	< 2500

Примечание: МРОТ – минимальный размер оплаты труда

Практика продвижения циклов развития СПЗК

Представленные принципы и модели параметрического проектирования направлены на совершенствование итерационного цикла процессного управления коррозионной защищенностью (рис. 2). Классификационные признаки СМПЗ обеспечивают автоматизированный сбор данных и информационную поддержку для принятия решений на основе современных технологий моделирования параметров СПЗК [13].

Отработка регламентных требований управления технологической безопасностью связана с обоснованием возможных моделей развития СПЗК [14]:

- антикризисной модели (Q1) по условиям коррозионной опасности СПЗК;
- инерционной модели (Q2) затратного поддержания качества и долговечности противокоррозионной защиты;
- стимулирующей модели (Q3) долговременной защиты от коррозии;
- сбалансированной модели (Q4) развития на основе параметров коррозионной защищенности.

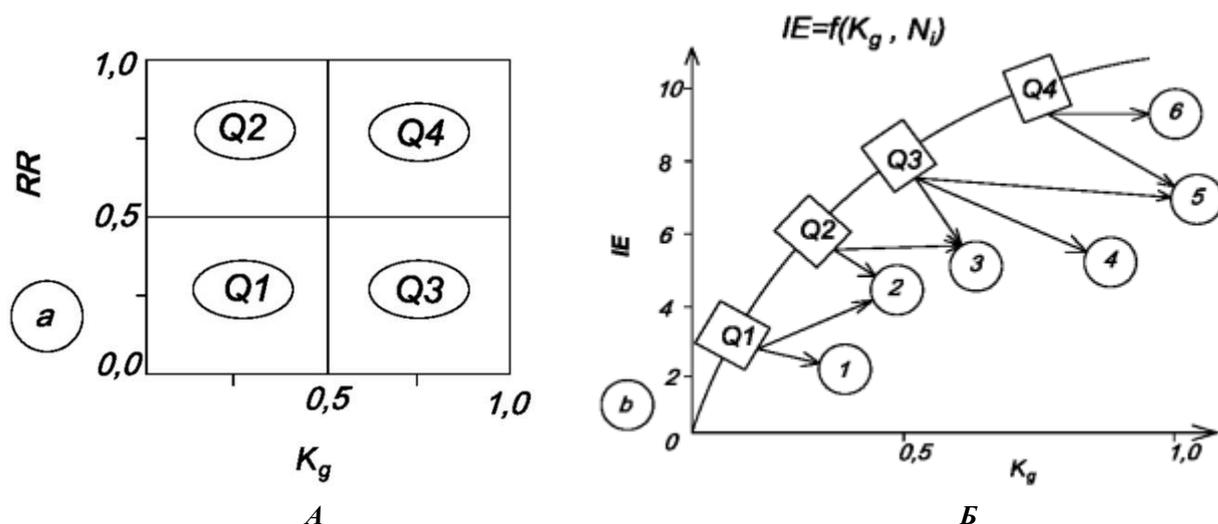


Рис. 2 – Матрица управления (А) и модели рационального выбора (Б) циклов развития СПЗК: 1 – ограничений; 2 – затрат; 3 – качества; 4 – надёжности; 5 – контролинга; 6 – безопасности

Современные условия экономического развития, включающие экологические, социальные риски и практики корпоративного управления, позволяют устранить неопределенность расчетных ситуаций по признакам коррозионной опасности для объектов стального строительства. Прогресс в области информационного моделирования и управления ЖЦ промышленных объектов способствует форматированию исходных данных ОПКС, параметрическому проектированию СПЗК в соответствии с логической структурой частных коэффициентов метода предельных состояний. Разработанные положения системного проектирования и процессного управления СМПЗ включены в технические регламенты и стандарты промышленных предприятий Донецкого региона [5], [6], [7], [8].

Параметрическое проектирование выводит нормативно-техническое регулирование коррозионной защищенности на новый уровень, обеспечивающий принятие рациональных решений в области качества, надежности и безопасности СПЗК промышленных объектов:

- выполняется актуализация и структурное обновление строительных норм и правил [1], [2] в части защиты от коррозии металлических конструкций. В основу стандарта ДСТУ Б В.2.6-193 положены требования процессного подхода к обоснованию технико-экономических параметров коррозионной защищенности;

- реализованы положения инновационных методов управления технологической безопасностью и качеством защиты от коррозии основных фондов металлургических предприятий. Условия допусков ОПКС при резервировании работоспособности СПЗК регламентированы положениями «Интегрированной системы управления качеством, экологией и охраной труда» стандарта предприятия СТП 101С-6.3-05 «Обеспечение технологической безопасности при эксплуатации строительных конструкций зданий и сооружений» ПАО «Донецксталь»-металлургический завод;

- стандартом СТП 232-78 «ССБТ. Эксплуатация строительных конструкций промышленных зданий и сооружений» ПАО «Металлургический комбинат «Азовсталь» (г. Мариуполь) определены требования к формированию структуры эксплуатационных параметров, что позволило разработать информационно-аналитическую базу данных «Ресурс»;

- расчетные показатели параметрического проектирования по уровню надежности СПЗК внедрены в практику проектирования строительных объектов Донбасского центра технологической безопасности (ДонЦТБ) ООО «Украинский институт стальных конструкций им. В.Н.Шимановского». С целью сертификации и подтверждения соответствия СПЗК, аккредитована испытательная лаборатория «Антикор-Дон» ДонЦТБ (г. Макеевка) согласно ДСТУ ISO/IEC 17025 (сертификат №2Т 773);

- в соответствии с требованиями ISO 9001 для подготовки производства по мерам первичной и вторичной защиты от коррозии стальных конструкций разработан стандарт СТП 01.001.03 «Система менеджмента качества» ООО «Конструкция» (г. Донецк);

- научно-образовательным центром «Техноресурс» Приазовского государственного технического университета (г. Мариуполь) разработана программа и проводится повышение квалификации специалистов по направлению обеспечения технологической безопасности и коррозионной защищенности промышленных объектов, согласно руководящим указаниям национальных норм и требований ISO 9001, ISO 10015, ISO 12944, ISO 31000 и OHSAS 18001.

Представленные результаты отражают теоретические и практические аспекты региональной составляющей работ, выполненных по заданиям целевой комплексной программы НАН Украины «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин» под научным руководством академика Б.Е. Патона [15].

Заключение

На основе вышеизложенного можно заключить, что развитие принципов и задач параметрического проектирования определяется требованиями к уровню надежности СПЗК, методам диагностики и подтверждения соответствия СМЗК, регламентам контроля и мониторинга ОПКС конструкций, менеджменту технологической безопасности промышленных объектов.

Разработанный метод оценки эффективности материалов и технологий обеспечивает управление проектными решениями первичной и вторичной защиты от коррозии на основе расчетных положений концепции предельных состояний. При этом за счет вертикальной интеграции параметров коррозионной защищенности характеристические

показатели качества, расчетные требования надежности и принципы управления технологической безопасностью промышленных объектов объединяются единым процессным подходом в течение всего ЖЦ конструкций и сооружений. Регламентация характеристических значений степени агрессивности воздействий среды (A_n , г/м²) и контрольного норматива СМЗК (K_p , г/м²) обеспечивает нормирование коэффициента готовности СПЗК.

Принципиальным преимуществом параметрического проектирования является возможность рационального выбора модели развития СПЗК в зависимости от целей предпринимательских структур и положений нормативных актов технического регулирования в строительном комплексе.

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

Список литературы / References

1. СП 28.13330.2017 Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: Минстрой России, 2018. – 110 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування. – Мінрегіон України. – 74 с.
3. Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах, проведению обследований и проектированию восстановления защиты конструкций от коррозии (к СНиП 2.03.11-85) / ЦНИИПроектстальконструкция им. Мельникова. – М.: Стройиздат, 1989. – 51 с.
4. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 года). Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ. – С.-П.: ТД «СОТ», 2013. – 17 с.
5. Korolov V. Management of the Quality of Corrosion Protection of Structural Steel Based on Corrosion Risk Level / V. Korolov, Yu. Filatov, N. Magunova, P. Korolov // Journal of Materials Science and Engineering A & B. – New York: David Publishing Company. – 2013. – Vol. 3. – No. 11. – P. 740-747.
6. Королев В.П. Формирование проектных требований на основе управления коррозионной защищенностью стальных конструкций / В.П. Королев, Г.А. Герман // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – Вып. 4. – С. 518–532. DOI: 10.22227/1997–0935.2020.4.518–532
7. Королёв В. П. Нормативное регулирование надежности и безопасности систем противокоррозионной защиты металлоконструкций / В.П. Королёв, И.В. Кущенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 1. – С. 37–42.
8. Королёв В.П. Требования качества, надежности и безопасности для управления коррозионной защищенностью металлоконструкций и сооружений / В.П. Королёв // Научный электронный журнал «Вестник науки и образования Северо-запада России» – 2018 – Т.4 – №3
9. Королёв В.П. Методический подход к обеспечению работоспособности металлоконструкций в условиях коррозионной опасности / В.П. Королёв // Строительство и реконструкция. – 2019. – № 4 (84). – С. 70–82. DOI: 10.33979/2073–7416-2019-84-4-70-82
10. Шляфирнер А.М. О классификации агрессивных сред и методах коррозионных испытаний / А.М.Шляфирнер, А.И. Голубев // Защита металлов. – 1987 – №5 – С.832-840.
11. Korolov V. Structural Survivability Reserve Planning Based on Analysis of Corrosion Hazard of Industrial Facilities / V. Korolov et al. / European Corrosion Congress, 20th International Corrosion Congress & Process Safety Congress 3-7 September 2017, Prague, Czech Republic. Paper 82701.
12. Королёв В.П. Квалиметрические методы управления рисками технологической безопасности конструкций и сооружений промышленных объектов / В.П. Королёв // Безопасность жизнедеятельности. – № 8, 2021. – С. 29 – 40.
13. Василькин А.А. Система автоматизированного проектирования антикоррозионной защиты стальных конструкций / А.А. Василькин // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 9 – С. 18–23. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.09.18-23.
14. Korolov, V.P. Methods of Control of the Corrosion Protection of Steel Structures at Industrial Objects / V.P. Korolov, O.M. Gibalenko, P.V. Korolov // Mater Sci. – 2021 – V. 56 – P. 661–667 DOI:10.1007/s11003-021-00479-5
15. Касаткин О.Г. Проблемы ресурса и безопасность эксплуатации конструкций, сооружений и машин (итоговая научная конференция в ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ) / О.Г. Касаткин, В.Н. Липодаев // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2010. — № 1. — С. 58-60.

Список литературы на английском языке / References in English

1. SP 28.13330.2017 Svod pravil. Zashchita stroitel'nyh konstrukcij ot korrozii. [Set of Rules. Protection against corrosion of construction]. – М.: Minstroj Rossii, 2018. – 110 p. [in Russian]
2. DSTU B.V.2.6-193:2013 Zahist metalievih konstrukcij vid korozii. Vimogi do proektuvannya [Protecting structures from corrosion. Requirements to design works.] – K.: Minrehion Ukrainy. – 74 p. [in Ukrainian]
3. Posobiye po kontrolyu sostoyaniya stroityelnykh metallicheskih konstruksiy zdaniy i sooruzheniy ot korrozii (k SNiP 2.03.11-85) [Manual on monitoring of state of structural steel of buildings and installations in corrosive environments, surveying and design of renewal of structure corrosion protection (to SNiP 2.03.11-85)]. – Moscow. Stroyizdat. 1989. 51 p. [in Russian]
4. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij (s izmeneniyami na 2 iyulya 2013 goda). Federal'nyj zakon ot 30.12.2009 № 384-ФЗ. [Technical regulations on the safety of buildings and structures (as amended on July 2, 2013). Federal Law of December 30, 2009]. – S.-P.: TD “COT”, 2013. – 17 p. [in Russian]

5. Korolov V. Management of the Quality of Corrosion Protection of Structural Steel Based on Corrosion Risk Level / V. Korolov, Yu. Filatov, N. Magunova, P. Korolov // Journal of Materials Science and Engineering A & B. – New York: David Publishing Company. – 2013. – Vol. 3. – No. 11. – P. 740-747.
6. Korolov V.P. Formirovaniye proektnykh trebovaniy na osnove upravleniya korrozionnoy zashchishchennost'yu stal'nykh konstruktsiy [Formation of design requirements based on the management of structural steel corrosion protectability] / V.P. Korolov, G.A. German // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2020. – Vol. 15. – No 4. – pp. 518-532. [in Russian] DOI: 10.22227/1997-0935.2020.4.518-532.
7. Korolov V.P. Normativnoye ryegulirovaniye nadyezhnosti i bezopasnosti sistyem protivokorrozionnoy zashchity metallokonstruktsiy. [Regulatory control of reliability and safety of structural steel corrosion protection system] / V.P. Korolov, I.V. Kushchenko // Promyshlyennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. [Industrial and Civil Engineering]. – 2016. – No1. – Pp. 37-42. [in Russian]
8. Korolov V.P. Tryebovaniya kachestva, nadyezhnosti i bezopasnosti dlya upravlyeniya korrozionnoy zashchishchyennost'yu metallokonstruktsiy I sooruzheniy [Quality, Reliability and Safety Requirements for Management of Corrosion Protection of Structural Steel and Installations] / V.P. Korolov // Nauchnyy elektronnyy zhurnal "Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-zapada Rossii" [Electronic scientific journal "Bulletin of science and education of the North-West of Russia"]. – 2018.– V. 4. – No 3. [in Russian]
9. Korolov V.P. Metodicheskij podhod k obespecheniyu rabotosposobnosti metallokonstruktsiy v usloviyakh korrozionnoy opasnosti [Methodological approach to ensuring the serviceability of metal structures under corrosion hazard conditions] / V.P. Korolov // Stroitelstvo i Rekonstruktsiya [Building and Reconstruction]. – 2019. – No. 4 (84) – pp. 70-82. [in Russian]
10. Shlyafirner A.M. O klassifikatsii agressivnykh sred i metodah korrozionnykh ispytaniy [On the Classification of Aggressive Media and Methods of Corrosion Testing] / A.M. Shlyafirner, A.I. Golubev // Zashchita metallov [Metal protection] – 1987 – №5 – pp.832-840. [in Russian]
11. Korolov V. Structural Survivability Reserve Planning Based on Analysis of Corrosion Hazard of Industrial Facilities / V. Korolov et al. / European Corrosion Congress, 20th International Corrosion Congress & Process Safety Congress 3-7 September 2017, Prague, Czech Republic. Paper 82701.
12. Korolov V.P. Kvalimetricheskie metody upravleniya riskami tekhnologicheskoy bezopasnosti konstruktsiy i sooruzheniy promyshlennykh ob'ektov [Qualimetric methods of managing risks of the process safety of structures and installations of industrial facilities] / V.P. Korolov // Bezopasnost zhiznedyatelnosti [Life safety]. – № 8 – 2021 – pp. 29 – 40. [in Russian]
13. Vasilkin A. A. Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya antikorrozionnoy zashchity stal'nykh konstruktsiy [CAD of Anticorrosive Protection of Steel Structures] / A. A. Vasilkin // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. – 2019 – no. 9 – pp. 18–23. [in Russian]
14. Korolov, V.P. Methods of Control of the Corrosion Protection of Steel Structures at Industrial Objects / V.P. Korolov, O.M. Gibalenko, P.V. Korolov // Mater Sci. – 2021 – V. 56 – P. 661–667 DOI:10.1007/s11003-021-00479-5
15. Kasatkin O.G. Problemy resursa i bezopasnost ekspluatatsii konstruktsiy, sooruzheniy i mashin (itogovaya nauchnaya konferentsiya v IES im. E. O. Patona NANU) [Problems of resource and safety of operation of structures, structures and machines (final scientific conference at the E. O. Paton IES of the National Academy of Sciences of Ukraine)] / O.G. Kasatkin, V.N. Lipodaev // Tehnicheskaya diagnostika i nerazrushayushchiy kontrol [Technical Diagnostics and Non-Destructive Testing] – 2010 – № 1 – pp. 58-60. [in Russian]