

INGINERIE AGRARĂ ȘI TRANSPORT AUTO

CZU 620.197

О ПУТЯХ СНИЖЕНИЯ БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛОВ И УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОДУКТАМИ ИХ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

В.П. КОСОВ¹, Т.С. КОСОВА¹, А.С. МАТЮШЕНСКИЙ¹, В.В. КЛАУЗЕР²,

¹Экспериментальная творческая мастерская, РМ;

²Международная Экологическая Академия, Германское отделение, Германия

Abstract: In the article are presented the recommendations about using efficient equipment which has passed overall production check which allow reducing by 2 and more times the annual metal losses, diminish environmental pollution because of the products of their corrosive destructions, reduce the expenses on construction and object usage and get a significant economic effect.

Key Words: Corrosive destruction, Environmental pollution, Metal loss, Technological processes.

ВВЕДЕНИЕ

До настоящего времени во всем мире единственным способом долговременной защиты металлов от коррозии является электрохимическая катодная защита, которая применяется ввиду несовершенства других способов защиты. В промышленно развитых странах каждая пятая доменная печь ежегодно выплавляет металл, который расходуется на замену металлоконструкций, разрушенных коррозией. Защита от коррозии металлосодержащих конструкций, находящихся в воздухе, воде или грунте, представляет собой сложную, еще не решенную, международную научно-техническую проблему. Ее разрешение требует постановки фундаментальных научных исследований в основном в области материаловедения, физики, химии, электроники.

За последние 20...30 лет исследователями получены новые результаты, позволяющие значительно **развить** теорию защиты. Результаты позволили **улучшить** качество защиты поверхности металлов от агрессивного влияния среды, с большой точностью **определить** параметры, характеризующие состояние защищаемого объекта, **установить** оптимальные режимы электрохимической защиты и **обеспечить** их автоматическую корректировку.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Как известно, при подаче постоянного напряжения между, например, газопроводом и анодным заземлителем, по замкнутой грунтом гальванической цепи, протекает электрический ток. С помощью этого тока поддерживают величину поляризации. Значение тока усреднено характеризует качество изоляции объекта в данной точке: чем больше площадь участка с нарушенной изоляцией, тем больше сила поляризующего тока в цепи (при данной величине поляризации). Как следствие, плотность тока и поляризация вблизи образовавшихся дефектных мест значительно ниже, чем около качественно изолированных участков и наоборот. При этом напряженность электрического поля по длине трубы распределяется неравномерно, ее величина может быть измерена с помощью приборов без вскрытия объекта.

Существующее до настоящего времени в научно-технической литературе одинаковое определение разных по своей функциональной роли потенциалов, а именно: защитного потенциала и потенциала защищаемого объекта - вносят путаницу в существующую научно-техническую литературу и регламентирующие документы (ГОСТы, технические условия, рекомендации).

Во избежание недоразумений нами предложено разграничить эти понятия, исходя из следующих соображений:

Как сложилось исторически, под понятием «защитный потенциал» понимают определенное с помощью термодинамических расчетов или путем постановки опыта такое значение потенциала, которое характерно для данного металла и данного электролита (почвы, воды, раствора солей,

кислот и щелочей), величина $\varphi_{\text{защ}} = \text{const}$ и ее нельзя изменить в ту или иную сторону. В отличие от $\varphi_{\text{защ}}$ величина внешнего потенциала, налагаемого на объект, не является константой ($\varphi_0 \neq \text{const}$), она может быть изменена по желанию при наложении на систему металл-электролит внешнего электрического тока (напряжения). При электрохимической, например, катодной защите объекта, величина потенциала, налагаемого на защищаемый объект (φ_0), должна приближаться к $\varphi_{\text{защ}}$ со стороны электроотрицательных значений до допустимого в реальных условиях интервала, учитывающего колебания потенциала при изменении состояния окружающей среды.

Рассматриваемые потенциалы находятся в таком же соотношении между собой, как стационарный потенциал и поляризационный потенциал.

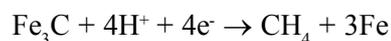
Разработанная Деви (1825) катодная защита в сочетании с современными теоретическими расчетами величины защитного потенциала часто приводит не к предотвращению, а к усугублению коррозионного разрушения металлов (Я. Люблинский, 1987), так как реальные величины защитных потенциалов иногда значительно отличаются от теоретических значений. Для появления таких расхождений, на наш взгляд, есть причины. Во-первых, до настоящего времени не сложилось четкого определения понятия «защитный потенциал». Под защитным потенциалом в литературных источниках, теоретического плана, как правило, подразумевают величину потенциала, определяемую, в основном, расчетным путем, или построением диаграмм, при котором в рассматриваемых условиях предполагается наименьшая скорость коррозии металла. Обычно на графике этой величине соответствует одна точка, а не интервал, как это указывается, например, в ГОСТ-е 9.602 – 89 и в научной литературе (Обзорная информация Всесоюзного НИИ газовой промышленности, 1984; В. Остапенко и др., 1988). На наш взгляд, в данном вопросе требуется более четкая определенность.

Во-вторых, величина потенциала, налагаемого на защищаемую металлоконструкцию, часто не является защитным потенциалом, она является потенциалом данного объекта, которая с помощью специальных технических приемов должна максимально приближаться к заранее теоретически рассчитанному значению защитного потенциала, причем только из научно-обоснованной области отрицательных или положительных значений.

Допускаемое ГОСТ-ами отклонение величины потенциала металлоконструкции от действительного значения защитного потенциала, возможно лишь при глубоком предварительном исследовании состояния объекта, находящегося в конкретных условиях его эксплуатации, а не как указывают ГОСТ-ы, технические требования и научная литература.

В качестве подтверждения сказанного, можно отметить некоторые неточности и ошибки, содержащиеся, например, в ГОСТ-е 9.602 – 89. Так, на с. 6 в п. 27 указывается: «Опасность коррозии стальных подземных трубопроводов при действии переменного тока характеризуется смещением среднего значения разности потенциалов между трубопроводом и медно-сульфатным электродом сравнения в отрицательную сторону не менее, чем на 10 мВ, по сравнению с разностью потенциалов, измеренных при отсутствии влияния переменного тока». Это ошибочное толкование направления смещения потенциала, очевидно, вводит в заблуждение обслуживающий защищаемые объекты персонал и приводит к нежелательным последствиям. Непонятно, почему смещение постоянной составляющей потенциала именно в отрицательную, а не в положительную сторону является опасным. Все это требует уточнения и переработки.

К тому же на с. 16 п. 5 ГОСТ-а в заглавии указывается: «Требования к электромеханической защите», однако, в этом разделе говорится только об электрохимической защите. В приложении к п. 5.1.1. (с. 16) отмечается: «допускается при отсутствии возможности измерения поляризационных потенциалов, осуществлять катодную поляризацию таким образом, чтобы значения разности потенциалов (включающие поляризационную и омическую составляющие) между трубой и медно-сульфатным электродом сравнения находились в пределах от -0,9V до -2,5V». Во-первых, как это измерить при отсутствии возможности измерения? – в тексте не указывается; во-вторых, такое высокое значение разности (1,6V) вряд ли можно рекомендовать для грунта, так как это, согласно полученным нами и многократно подтвержденным результатам исследования приводит к перезащите, ускоряет коррозию трубы и ее наводороживание, интенсифицирует процесс образования каверн и свищей в результате разложения, цементита, например, в стали 3 по формуле:



В названии табл. 7 на с. 16 «Поляризационные защитные потенциалы...» и в приложении к табл. 7 указывается: «Здесь и далее под минимальным и максимальным защитным потенциалом (хотя он соответствует точке) подразумеваются его значения по абсолютной величине», что противоречит общепринятой сути его определения, а также предложенной терминологии и приводит к разночтению.

Как известно, одно значение защитного потенциала определяется термодинамическим расчетом, построением диаграмм или опытным путем, с учетом свойств электролита. Каким образом определяется второе граничное значение $\varphi_{\text{защ}}$ - в ГОСТ-е не указывается.

Отклонение потенциала трубы от $\varphi_{\text{защ}}$ может быть допущено ГОСТ-ом только в одну сторону, а именно: при катодной электрохимической защите в область отрицательных потенциалов, а при анодной защите – в область положительных потенциалов. Неумение определять действительное значение $\varphi_{\text{защ}}$, по-видимому, не должно подменяться диапазоном его изменения.

В приложении 3 (с. 34) указывается следующее: «В тех случаях, когда наибольший размах колебаний потенциала сооружения, измеренного относительно медно-сульфатного электрода сравнения (абсолютные значения разности потенциалов между наибольшим и наименьшим значением этого потенциала) не превышает 0,04V, смещение потенциала не характеризует опасного действия блуждающих токов». В таком случае, асимметричное смещение размаха потенциала на 0,04V в электроположительную область относительно стационарного потенциала, по данному определению, не должно характеризовать опасного действия блуждающего тока, что не согласуется с опытом.

Значительное количество работ посвящено проблеме определения защитного потенциала, так как его величина имеет большое теоретическое и практическое значение.

Ягупольская Л.Н. (1952) определила экспериментально величину $\varphi_{\text{защ}}$ железа, которая для соляно-кислых сред составила -0,85V, в дальнейшем это значение, установленное для кислых сред, без научного обоснования было перенесено на грунт.

Н.П. Жук (1954) предложил формулу для расчета величины $\varphi_{\text{защ}}$ через pH среды, однако, получаемые с ее использованием результаты не соответствуют опытным данным.

В.П. Батраков и В.Л. Полупанов (1974) рассмотрели парциальные кривые зависимости потенциал - скорость коррозии и определили общую область минимальных потерь корродирующих в морской воде металлов (по потере веса) и установили диапазон изменения потенциалов, в котором следует искать действительную величину защитного потенциала для полиметаллических конструкций. Следует особо отметить, что рекомендуемая авторами величина защитного потенциала для железа -0,85V была получена относительно нормального водородного электрода сравнения, а не медно-сульфатного (относительно последнего $\varphi_{\text{защ}} = -1170 \text{ mV}$).

Например, Францевич (В. Остапенко, 1988) подверг критике теоретические работы, предложил расчет величины $\varphi_{\text{защ}}$ железа на основании термодинамических данных для почвенной коррозии и получил величину $\varphi_{\text{защ}} = -0,833\text{V}$.

Таким образом, имеющееся различие данных о действительной величине защитного потенциала для одного и того же металла в морской воде, в кислоте и грунте маловероятно, так как среда оказывает незначительное влияние на его величину (В.П. Косов и др., 2005). Разнообразие методов и условий определения величины защитного потенциала для железа, вероятно, может быть одной из причин низкой эффективности катодной защиты от коррозии железосодержащих конструкций.

Следует также отметить, что выпускаемые до настоящего времени станции катодной защиты позволяют устанавливать потенциалы на защищаемом объекте с точностью $\pm 50 \text{ mV}$ (Обзорная информация Всесоюзного НИИ газовой промышленности, 1984). Как видно, такие конструкции не позволяют достичь высокой степени защиты, так как, согласно последним результатам наших исследований, ошибка в установке потенциала в $\pm 50 \text{ mV}$ может приводить к увеличению скорости коррозии стали до 3...5 раз и более.

Вызывает сомнение целесообразность выпуска станции катодной защиты старого образца (например, типа 016RU и др.) со стабилизацией защитного тока. При достаточно высокой

точности определения параметров защиты в местах повреждения изоляции поверхность газопровода в большинстве случаев постепенно покрывается экранирующим осадком, сила тока в цепи со временем уменьшается и поэтому нет необходимости ее поддерживать постоянной, так как в идеальном случае, она должна стремиться к нулю. Таким образом, поддержание тока в цепи неизменным часто приводит к разрушению защитного слоя и самой металлоконструкции.

Катодные станции, например, АРТЗ, ТДЕ-9, ПАСК-М и др. (И. Кесельман, 1984) работают в режиме автоматического поддержания заранее установленного потенциала металлоконструкции, но не позволяют следить за изменением проводимости грунта и производить регулировку величины потенциала в требуемом в данный момент направлении (т.е. осуществлять слежение за изменениями внешних условий).

При таких обстоятельствах, как справедливо отмечается В. Остапенко с сотр. (1988), сделан ряд теоретических и экспериментальных попыток определения действительного значения защитного потенциала в конкретных условиях, однако, наличие большого количества факторов, влияющих на его величину, не позволяет рекомендовать какой-либо метод определения для практического использования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В отличие от известных, нами предпринята попытка разработать новый метод прямого определения величины защитного потенциала (авт. св. № 2506, 2004), который позволял бы при неизвестном химическом составе электролита и металла, в отсутствие сведений о кислотности, агрессивности и электропроводности среды, об ее температуре и при наличии на объекте блуждающих токов, охватывать амплитудой, обнаруживать и измерять действительное значение защитного потенциала для данных условий.

Метод основан на использовании контрольного периодического тока с обратным регулируемым импульсом и специального разделительного мостового устройства, снабженного формирователями прямого и обратного импульсов тока, а также электронного осциллографа, прерывателя и неполяризующегося электрода сравнения потенциалов.

С целью совершенствования процесса катодной защиты металлоконструкций от коррозионного разрушения разработана новая система защиты (авт. св. № 2503, 2004), включающая технологический процесс и специальное оборудование для выполнения требуемых операций по выводу системы на рабочий режим, поддержанию и корректировке заданных параметров защиты. Испытания данной системы защиты на действующем стальном газопроводе в городских условиях в течение 18 месяцев показали высокую стабильность работы данной системы, возможность повышения степени защиты металла и экономии электроэнергии.

Лабораторные испытания данной системы защиты на алюминии, меди и титане в течение 120 суток в морской и питьевой воде проводились на образцах, имеющих минимальную разницу в стационарных потенциалах. Использование новой Системы, включающей технологический процесс и оборудование, позволяет повысить степень защиты металлов до 90...92 % и более, в отличие от известных 50...52 % (Я. Люблинский, 1987).

Исследование массопереноса основывалось на составлении материального баланса, учете водорода и метана, выделяющихся в процессе электрохимических реакций.

Оценка газов осуществлялась путем их сбора в мерный цилиндр, приведения к нормальным условиям и сжигания с помощью электрической дуги. Электропроводность системы металл-электролит определялась путем измерения падений напряжений на участках цепи и построения треугольников проводимостей двойного электрического слоя.

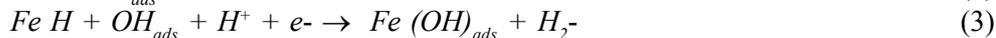
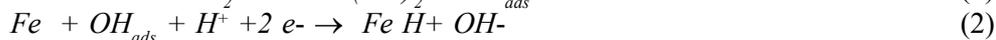
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные лабораторные исследования показали, что для стали 3 величина размаха амплитуды потенциала от 0,025...0,040V, смещенного в электроположительную область, приводит к увеличению скорости растворения стали в 1,2...1,5 раза. При смещении этого размаха постоянным поляризирующим током в отрицательную сторону относительно защитного потенциала

(при наложении токов) вызывает увеличение скорости разряда ионов водорода, по сравнению с постоянным током, на 20...30 %, как включаемого в металл, так и выделяющегося в газообразной форме. Следовательно, направление смещения указанной выше разности потенциалов нуждается в уточнении и носит определенный характер.

Как показали наши исследования, при выделении водорода, на катоде возможно одновременное формирование отложения с низкой ионной проводимостью, состоящего из присутствующих в грунте металлов (Ca, Na, K, Mg, CaO). Эти отложения, по-видимому, в определенной мере затрудняют выход ионов железа из кристаллической решетки и уменьшают образование вакансий в поверхностном слое металла, что приводит к торможению процесса взаимодействия железа с внешними окислителями (в основном с водородом). Как известно, вакансии являются следствием реакции взаимодействия металла с окружающей средой. Экранирующий слой обладает электронной проводимостью, он не может быть обнаружен с помощью, например, существующих электронных приборов типа АНПИ, однако, его наличие на участках трубы с нарушенной изоляцией позволяет восстанавливаться протонам водорода, о чем свидетельствует накопление газа около дефектных мест, наводороживание стенки заваренной с обоих концов трубы и создание внутри нее давления, достигающего 10 и более Па.

На основании экспериментальных данных и теоретических положений электрохимии, механизм катодной защиты, например, железа во влажной среде, можно представить так



Анализируя эти уравнения, можно предположить, что на поверхности металла в процессе электрохимической защиты образуется и принимает участие катализатор в виде OH_{ads}^- , воспроизводимый по реакции (1), а эффективность электрохимического процесса контролируется реакцией (3).

Исследованиями было установлено, что применение импульсных (однополярных) токов при защите от коррозии стальных конструкций, а также – периодических токов с обратным импульсом, приводит к разрушению катодных отложений, увеличению электропроводности двойного слоя от $3,18 \cdot 10^{-4}$ до $4,2 \cdot 10^{-4}$ См·м²/г-экв, ухудшению качества и снижению надежности защиты.

Наилучшие результаты достигаются при использовании постоянного тока или выпрямленного с низким коэффициентом пульсаций (менее 0,2...0,4 %). Пульсирующие токи, как показали исследования, целесообразно использовать для интенсификации процессов активации и разрушения металла (Обзорная информация Всесоюзного НИИ газовой промышленности, 1984), а также при кратковременном определении параметров электрохимического процесса или состояния поверхности катода.

Как показали исследования, процесс электрокоррозии углеродистой стали может усиливаться при значительном повышении катодной поляризации, как, например, в условиях использования импульсных токов, что не согласуется с представлениями автора (Патент RU2172887F16L58/00, 2001), согласно которым им выдвигается предположение о том, что «под действием импульсов электрического поля вызывающие коррозию отрицательные ионы движутся от защищаемого объекта со скоростью, во много раз большей, чем скорость их обратной диффузии в отсутствие поля». Это, по мнению автора, позволяет значительно замедлить развитие стресс-коррозии, обусловленной наводороживанием. К сожалению, под действием этих же импульсов электрического поля положительные ионы водорода, как наиболее подвижные, движутся к защищаемому объекту со скоростью не меньшей, чем скорость отрицательных ионов, а количество разрядившихся на катоде ионов водорода за один цикл определяется количеством электричества в импульсе. Таким образом, представление автора о влиянии на результат электрохимической реакции длительности импульса и паузы вряд ли можно считать обоснованным, так как эффект наводороживания трубы при ее поляризации импульсным током не устраняется и диспропорционирование реакций не происходит, что находит экспериментальное подтверждение.

Следовательно, насыщение стали водородом при нестационарных условиях защиты приводит к появлению водородного охрупчивания, а также - к ухудшению защитных свойств осаждаемых

изоляционных покрытий, что подтверждается ростом электропроводности двойного слоя электрода и согласуется с данными, представленными другими авторами (А. Вишневецкий и др., 1984).

ВЫВОДЫ

1. Показано, что напряженность электрического поля в направлении оси защищаемой трубы или другой металлоконструкции может служить характеристикой их технического состояния. По мере накопления дефектов в изоляции трубы сила тока возрастает и одновременно увеличивается напряженность магнитного поля около трубопровода и в грунте. Направление вектора напряженности магнитного поля определяется, как и для проводников 1 рода, по известным физическим законам. Величина поляризации стали, находящейся в воде и грунте зависит от значения плотности катодного тока и изменяется симбатно с ее величиной.

2. Установлено, что применение при защите металлов пульсирующего тока и периодических токов с обратным импульсом, разных частот и амплитуд ухудшает степень защиты трубопровода и других стальных сооружений. Пульсирующий ток целесообразно использовать для интенсификации процесса анодного растворения стали, меди, алюминий, титана.

3. Получены электрохимические формулы, описывающие механизм катодной защиты железа во влажной среде.

4. Предложено разграничивать понятия «защитный потенциал» и «потенциал металлоконструкции», так как они различны между собой по физико-химической сущности и функциональному значению.

5. Отмечены отдельные недостатки в действующем ГОСТе 9.602 – 89, например, пункты, в которых утверждается, что опасным является смещение среднего значения потенциала сооружения, при действии переменного тока, в отрицательную область, вместо положительной; допускается весьма широкий диапазон изменения поляризации (разности потенциалов) газопровода, в котором часто наступает перезащита, ускоряется выделение водорода, приводящее к охрупчиванию стали и интенсификации процесса образования каверн и свищей в результате электрохимического разложения цементита в стали.

6. Разработан и предложен новый метод прямого определения величины защитного потенциала для неизвестного химического состава металла и электролита, создан и испытан высокоэффективный технологический процесс и оборудование для защиты металлоконструкций от коррозионного разрушения под воздействием окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Люблинский, Я.Н. Электрохимическая защита от коррозии. М., изд. Металлургия, 1987, с. 43.
2. ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии // М. Государственный комитет СССР по стандартам, 1989.
3. Кесельман, И.С. Современные средства комплексной защиты подземных металлических трубопроводов от коррозии // Обзорная информация Всесоюзного НИИ газовой промышленности, выпуск 8, М., 1984, с. 46...52.
4. Остапенко, В.Н. и др. Электрохимическая защита трубопроводов от коррозии // А.Н. Украинской ССР, Киев, изд. Наукова думка, 1988, с.18.
5. Ягупольская, Л.Н. Защитные потенциалы некоторых металлов в условиях катодной защиты // Автореферат дисс. канд. хим. наук, Киев, 1952, 32 с.
6. Жук, Н.П. Защитный потенциал стали // Журн. Физ. химии, № 10, М., 1954, с.1871.
7. Батраков, В.П., Полупанов, В.Л. Определение защитного потенциала при катодной защите полиметаллических конструкций в морской воде // М., Журн. Защита металлов, № 1, 1974, С. 63...65.
8. Косов, В.П., Косова, Т.С., Матюшенский, А.С. и др. О новом способе защиты поверхности металлов от коррозии в агрессивных средах, Журн. Meridian ingineresc, № 4, 2005, с. 86...92.
9. Brevet nr. 2506. Metodă și dispozitiv pentru determinarea potențialului sarcinii zero a suprafeței electrodului metalic solid // Cosov, V., 2004.07.31.
10. Brevet nr. 2503. Procedeu de protecție electrochimică a metalelor construcționale contra coroziunii // Cosov, V., 2004.07.31.

11. Вишнеvский, А.М., Иоссель, Ю.Я., Макаров, Э.Ф.. Электрокоррозия морских сооружений. Л., изд. Судостроение, 1984, с.16.
 12. Патент RU 2 172 887 F16 L58/00. Способ защиты от коррозии газопроводов импульсным током.// Петухов, В.С., 27.08.2001.

Data prezentării articolului - 20.04.2006

CZU 631.3.02.004.67

ANALIZA STRUCTURALĂ ȘI CALCULUL ERORILOR DIMENSIONALE ALE ÎMBINĂRILOR RENOVATE CU COMPOZITE POLIMERICE

*GR. MARIAN., V. SÎRGHII, V. ȚAPU,
Universitatea Agrară de Stat din Moldova*

Abstract: In the article the fact of technological errors occurrence is considered at details restoration of machines with polymeric coverings. As a result it was obtained the equation to calculate total errors for surfaces obtained by finished mechanical processings and without these. Ways of errors reduction are also examined by the optimization of technological process of restoration.

Key words: Polymeric composite, Reconditioned parts, Technologic error.

INTRODUCERE

Generarea suprafețelor pieselor de schimb prin diferite procedee tehnologice de fabricație, recondiționare, durificare etc. asigură obținerea unei calități anumite a elementelor tribosistemelor, care este determinată de mai multe fenomene aleatorii ce intervin în procesul tehnologic. Dintre aceste fenomene, preciziei de prelucrare și /sau preciziei de asamblare îi revine un loc aparte.

La rândul său, precizia tehnologică este determinată de erorile care apar la prelucrarea finală a suprafețelor de contact ale tribosistemelor renovate. Aceste erori sunt inevitabile deoarece piesele finite nu pot fi obținute riguros așa cum au fost concepute, ci au o serie de abateri mai mici sau mai mari, dar inerente.

Cunoașterea ecuației pentru determinarea erorii totale este necesară, atât pentru estimarea ponderii diferitor componenți ai procesului tehnologic și găsierea rezervelor în vederea sporirii calității recondiționării, cât și pentru calcularea toleranțelor tehnologice și constructive ale ambelor componente din tribosistemul recondiționat.

În lucrare se prezintă unele aspecte teoretice, menite să contribuie la elucidarea specificului calculului erorilor tehnologice ale pieselor și îmbinărilor recondiționate cu compozite polimerice.

MATERIAL ȘI METODĂ

Estimarea calității pieselor de schimb renovate s-a efectuat prin aplicarea analizei funcționale a acestor obiecte, folosind parametrii integrali ai calității. Acești parametri au fost definiți în așa fel ca ei să exprime corespondența dintre caracteristicile calitative efective (K_e) ale produsului renovat și caracteristicile calitative nominale (K_n), specificate în cerințele impuse în documentația tehnico-normativă pentru acesta.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Corelarea caracteristicilor calitative efective cu cele nominale, matematic are forma $\Delta K_e = K_e - K_n$. Indicatorul calitativ nominal K_n pentru un sistem renovat, înțeles ca un complex de unități asamblate, poate fi exprimat prin expresia:

$$K_n = f_n(\sum M + \sum T + \sum G_i + \sum G_p), \quad (1)$$

în care $\sum M$ este grupa proprietăților funcționale determinate de proprietățile materialului pieselor componente în sistem; $\sum T$ – grupa proprietăților funcționale determinate de parametrii tehnologici; $\sum G_i$ –