

УДК 621.431.7/436+621.004.61/01-19:631.33

Л.Н. Болдарь, канд. техн. наук, доц.  
Луганский национальный аграрный университет, Украина  
Тел./Факс: 8(0642) 96-74-97; E-mail: [rector@lnau.lg.ua](mailto:rector@lnau.lg.ua)

## НАНО И ПИКО ДИСПЕРСНОСТЬ МИКРОСРЕДЫ – ОСНОВНОЕ УСЛОВИЕ НОРМАЛЬНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ КОМБАЙНОВЫХ И АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Показано, что большее число прерывистости действия альтернативных и рабочих факторов, нано и пико дисперсность среды, являются основными условиями нормального изнашивания, образования, разрушения и восстановления вторичных структур на поверхностях деталей отремонтированных комбайновых и автотракторных двигателей.*

**Ключевые слова:** макро и микро приработка, электролит, электрический ток, двигатель внутреннего сгорания, капитальный ремонт, обкатка, микросреда, вторичные структуры, «нулевой» износ деталей

**1. Постановка задачи.** Интенсивный путь развития с.-х. производства в развивающихся странах возможен не только при условии закупки лучших образцов сложной сельскохозяйственной техники (далее, просто – техники) за рубежом, но также при осуществлении стратегических планов по производству собственной конкурентоспособной техники и решении тактических задач по ее использованию. При этом, стратегия должна основываться на парадигмах «рециклинговой индустрии» [1], а тактика – предусматривать реализацию институциональных и прогрессивных научно-технических требований, касающихся всех этапов производства и использования техники. Однако, чтобы реализовывать, например, весьма жесткие требования закона о защите прав потребителя – максимально быстро устранять отказы техники (в противном случае производитель подвергается штрафу с учетом упущенной потребителем выгоды), государству необходимо кардинально переосмыслить и перепроектировать всю свою техническую и экономическую политику. В последнее время, в данном вопросе прослеживаются новые подходы, например, указывается, что для повышения уровня качества отечественной техники в процессе ее производства, обслуживания и ремонта, необходимо применять необезличенные методы [1-3]. Вместе с тем, в них отсутствуют установки касательно современных методов оценки качества и улучшения свойств конструкционных материалов, с тем, чтобы, обеспечивать новым и восстановленным деталям одинаковую прочность и износостойкость.

**2. Пути решения проблем.** Следует отметить, что вышеупомянутые сложности, возникли из-за слабой проработки материаловедческих, энергетических и политэкономических аспектов проблемы. В частности, прошло много десятков лет с тех пор, как учеными-материаловедами было доказано, что необезличенно восстановленные детали машин могут служить лучше новых и, следовательно, восстанавливать работавшие машины во много раз выгоднее, чем изготавливать новые.

Именно такой подход позволяет передовым странам достичь в с.-х. наивысшей плотности техники, быстро и качественно выполнять с.-х. работы, а по истечении 8 – 10 лет использования, продавать ее развивающимся странам. Этот факт должен

учитываться странами - реципиентами, как при разработке долгосрочной технической политики, на основе парадигм «рециклинговой индустрии», так и при стремлении получать конкурентоспособную с.-х. продукцию за счет высоких эксплуатационных свойств техники. В частности, при разработке собственных проектов, нельзя принимать в качестве прототипа известный технический уровень зарубежной техники, т. к., конкурентоспособной она была 10 – 20 лет назад. Учитывая захватческие интересы транснациональных компаний - производителей техники, развивающимся странам необходимо ориентироваться на собственные альтернативные технологические процессы (АТП) восстановления деталей и материалов. Наиболее прогрессивными АТП следует считать, т. н., технологии триботехнического восстановления (ТТВ) [2, 4]. Как известно, они основываются на современных достижениях химмотологии, наноматериаловедения и нанотехнологий. Во многих случаях, ТТВ предусматривается использование дешевых видов энергии, синтетических материалов и экологически чистых веществ. Однако, обезличенный подход при их использовании, не позволяет разрешить затронутые выше проблемы и повысить надежность техники.

**3. Альтернативные технологические процессы.** Существенно изменить описанную выше ситуацию позволяет метод капитального ремонта комбайновых и автотракторных двигателей (КиАТД), при котором в качестве ТТВ используются АТП макро и микро приработки (М и МКП) деталей основных сопряжений и их взаимной доводки (ВД) [5]. Их отличительной особенностью является необезличенный подход – по результатам дефектации деталей, они комплектуются на группы качества. Перед сборкой, низкий технический уровень деталей может быть повышен путем термоциклической и электрохимической обработки. В соответствии с полученными откликами качества, назначаются режимы М и МКП, а также режимы обкатки двигателей. М и МКП деталей проводится в процессе сборки двигателя из узлов, а ВД – во время его сокращенной обкатки. Для развития номинальных площадей контакта к деталям подаются водные и водно-глицериновые электролиты, и подключается переменный (50 Гц) электрический ток. При непосредственном контактировании деталей (зазор  $a \leq 0$ ), на выступах ( $p$ ) шероховатостей происходит электрофизический сьем (ЭФС) микрогребешков ( $Q_p$ ). При возникновении между выступами некоторого межэлектродного зазора (МЭЗ,  $a \geq 0$ ), сьем материалов ( $Q_{p+v}$ ) происходит за счет, т.н., «пятна электрохимического контакта» (ПЭХК) – пространственного избирательного растворения составляющих материалов, проникающего на всю глубину ( $v$ ) впадин шероховатых поверхностей. При этом, электролит ( $S_s$ ) в МЭЗ быстро заполняется продуктами ЭХР и мелкодисперсными пузырьками газов, т.е., становится, соответственно, тонкой суспензией ( $S_c$ ) и эмульсией ( $S_{э.м}$ ). В процессе исследований было установлено, что пузырьки газов сравнительно быстро растворяются в электролите или выходят его поверхность, а для удаления продуктов ЭХР, электролит необходимо прогреть и применять коагулянты. При исчезновении зазора, между поверхностями снова возобновляется ЭФС. В конечном итоге, в результате рекуррентности процессов ЭФС и ЭХР ( $\text{ЭФС} \leftrightarrow \text{ЭХР}$ ), поверхности сопряженных деталей становятся эквидистантными. В связи с тем, что продукты съема материалов переходят в электролит в микро и нано дисперсном (МК и НД) состоянии, процессы М и МКП и ВД представляются с помощью двухполюсников типа  $C, R, L$  [6] и элементов известных реологических моделей Ньютона, Гука и Сен - Венана – Кулона [7] (рис. 1, а и б), а развитие площадей контакта  $S_{\text{ЭФС}}$  и  $S_{\text{ПЭХК}}$ , соответственно, при М и МКП, описываются условиями 1 и 2 [8] :

$$S_{\text{ЭФС}} = f[\Pi_{\text{ТФ}}(P_{\text{max}}, V_{\text{min}}, T_{\text{max}}, I_{\text{max}}, U_{\text{min}}), S_{\text{э}}, Q_p], \text{ при } a \leq 0; \quad (1)$$

$$S_{\text{ПЭХК}} = f[\Pi_{\text{ТФ}}(P_{\text{min}}, V_{\text{min}}, T_{\text{min}}, I_{\text{min}}, U_{\text{max}}), (S_{\text{э}} \leftrightarrow S_{\text{эм}} \rightarrow S_{\text{с}}), k, \eta_i(t), \lambda, Q_{p+v}], \text{ при } a \geq 0, \quad (2)$$

где  $\Pi_{\text{ТФ}}(P_{\text{min}}, V_{\text{min}}, T_{\text{min}}, I_{\text{min}}, U_{\text{max}})$  – большее число прерывистости действия (БЧПД) технологических факторов (ТФ), соответственно, нагрузки, скорости скольжения, температуры, силы тока, напряжения;  $k$  – удельная электрическая проводимость микросреды;  $\eta_i(t)$  – мгновенное значение выхода по току отдельных составляющих материалов сопряженных деталей;  $\lambda$  – режим трения ( $\lambda = \mu\omega/p$ , где  $\mu$  – динамическая вязкость среды;  $\omega$  – угловая скорость;  $p$  – давление), при граничном режиме трения  $\lambda_{\text{min}} < 10^{-10} - 10^{-9}$  [7], а при жидкостном трении  $\lambda_{\text{max}} = 10^{-7} - 10^{-6}$  [7]; « $\leftrightarrow$ », « $\rightarrow$ » – символы, соответственно, рекуррентности и непрерывности.

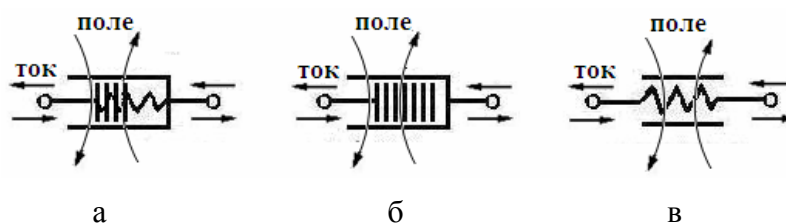


Рис. 1. Элементы МК и НД составляющих микросреды в моделях развития площадей контакта между деталями, при БЧПД факторов: а) вязкоупругости; б) вязкости; в) упругого равновесия

Рекуррентное развитие площадей контакта ( $S_{\text{ЭФС}} \leftrightarrow S_{\text{ПЭХК}}$ ) относится к МП и показывается одновременно пружиной (элемент модели Гука) и блоком МК и НД (см., параллельные линии, перекрывающие пружину, на рис. 1, а). Как известно, в процессе ЭФ и ЭХ обработки материалов, происходит электрохимическая модификация (ЭХМ) поверхностей [9]. Условно эти процессы и явления показаны на рис. 2, а, б [10].

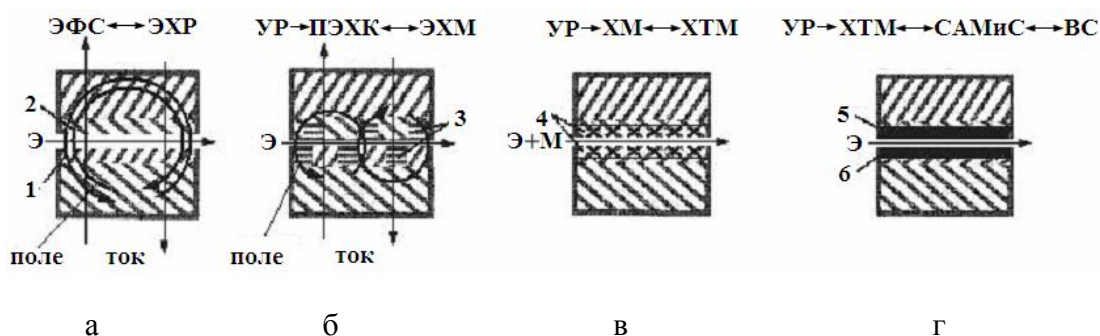


Рис. 2. Схемы взаимодействия поверхностей: а) МП; б) МКП; в) ОД; г) ВД; Э – электролит; М – моторное масло; 1, 2 – разрушенные слои материалов; 3 – ювенильные поверхности; 4 – модифицированные слои; 5, 6 – вторичные структуры (ВС)

После окончания ЭФС микрогребешков с выступов шероховатостей, начинается процесс МКП (см. рис. 2, б). В связи с тем, что продукты ЭХР имеют сложное влияние на процесс МКП и свойства микросреды [8], блок НД на рис. 1, б, показывается

существенно расширенным. Окончание ЭХР поверхностей относится к условиям упругого равновесия (УР) которые представляются с помощью пружины и элементов НД (см., горизонтальные линии на рис. 1, в) и уравнением 3:

$$\sigma_{0,05} > \sigma_{mz} \geq \sigma_z \gg \tau_x = \tau_y, \quad (3)$$

где  $\sigma_{0,05}$ ,  $\sigma_{mz}$  – соответственно, предел упругости и пропорциональности более мягкого материала сопряженных деталей;  $\sigma_z$ ,  $\tau_x$ ,  $\tau_y$  – сопротивление микросреды в поперечном (Z) и продольных направлениях (X и Y), соответственно.

В начале обкатки двигателей (ОД), условия УР стабилизируются поступлением в зазоры моторного масла. Его химически и поверхностно активные вещества (ХАВ и ПАВ) и НД составляющие микросреды относятся к сопутствующим альтернативным факторам (САФ) МКП деталей, которыми инициируется химическая и химико-термическая модификация (Х и ХТМ) поверхностей. В конечном итоге, считается, что начальная стабилизация режима УР и выход РФ на номинальные значения в процессе ОД (см., рис. 2, в), способствуют структурной адаптации материалов и среды (САМиС), которая приравнивается приработке и приводит детали к нормальному характеру изнашивания (см., рис. 2, г).

В связи с вышеизложенным, ВС относятся к наноструктурам, которые изначально образуются из весьма неопределенного множества [11] МК и НД продуктов ЭХР материалов сопряженных поверхностей, составляющих моторного масла, продуктов сгорания топлива и масла. Предполагается, что при нарастании концентрации этих веществ в двигателе, процессы (P ↔ B) ВС будут замедляться. В качестве откликов микросреды принимаются текущие показатели качества моторного масла – кислотное и щелочное число, наличие МКД частиц и активность присадок [8]. В настоящей работе предполагается расширить количество откликов состояния ВС, но при этом оставаться в рамках системы текущего, необезличенного контроля качества двигателей, т.е., не переходить «к теории случайных множеств и тем самым к теории вероятностей» [12, с. 204].

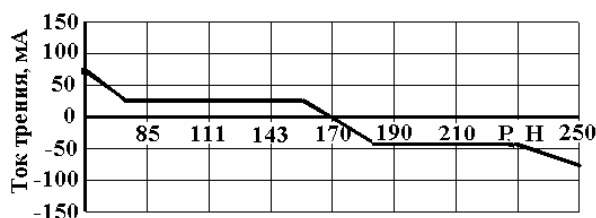
**4. Результаты исследований.** Из представленного выше анализа вытекает, что контроль качества сложных ТС, следует проводить по потоковым (J) откликам микросреды, после того, как ее составляющие достигнут МК и НД, например, в результате М и МКП, т.е., за счет БЧПД альтернативных факторов (АФ) и будут оставаться такими за счет БЧПД рабочих факторов (РФ). Неразрывность действия АФ и РФ, соответственно, при МП и ВД, а также взаимосвязь откликов (МКД ↔ НД) и процессов (P ↔ B) ВС, которые приводят ТС к УР и «нулевому» износу (УР → 0), показаны уравнением 4:

$$MP_j[PA_{\Phi}(S_{\Phi j}, I_j, U_j)] \rightarrow (MKD \leftrightarrow ND)TC \rightarrow P_{R\Phi}(P_{max}, V_{min}, T_{max}) \rightarrow (P \leftrightarrow B)BC \rightarrow (UR \rightarrow 0), \quad (4)$$

где  $PA_{\Phi}(S_{\Phi j}, I_j, U_j)$  – БЧПД АФ, соответственно, свойств электролита, силы и напряжения переменного тока;  $P_{R\Phi}(P_{max}, V_{min}, T_{max})$  – БЧПД РФ при ОД.

При упругом взаимодействии материалов деталей с микросредой в процессе обкатки двигателей на номинальные режимы обкатки, на формирование ВС начинают влиять факторы, представленные в двухполюсниках (см., рис. 1) элементами С, R и L. Их отклики – потенциал поляризации ( $U_{П}$ ) и ток обмена ( $I_{O}$ ) или трения, приводят к образованию на поверхностях двойных электрических зарядов (ДЭЗ). Как известно, у двигателей  $U_{П}$  может достигать несколько сотен вольт [13]. Наши исследования

показали, что поляризационные явления при МП деталей ЦПГ, приводят к усилению или замедлению их износа [14]. При МП пары трения в химически активном водном электролите (10%  $\text{NaNO}_3$ , 1%  $\text{Na}_2\text{S}$ , 2%  $\text{NaNH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{pH} = 6,2$ ), без внешнего электрического тока, об устойчивости процесса развития площадей контакта можно было судить по изменению  $I_0$  (рис. 3, а) [15].



а



б

Рис. 3. Изменение тока обмена при увеличении нагрузки Р на пару трения сталь 45 – антифрикционный сплав АСМ (а); методика замера электросопротивления антифрикционной пленки на поршневом кольце двигателя (б) [2]

Как видно из рис. 3, а, начало развития пятна контакта на колодочке из сплава АСМ сопровождалось снижением тока трения. Его дальнейшая стабилизация, вероятно, свидетельствовала о стойкости поверхностных пленок на образцах, а снижение до нуля и выход на минусовые значения – об изменении их толщины и природы. Сформировавшееся на образцах пятно контакта, было закрыто темно-синими фосфидными и сульфидными пленками. Определить их строение инструментальными методами не представилось возможным. Например, чтобы судить о свойствах пленок, которые были получены на деталях ЦПГ в результате применения геомодифицирующих присадок к моторному маслу, в ГНУ ГОСНИТИ применялся омметр (см. рис. 3, б) [2]. Из этих данных следует, что для того чтобы отслеживать процессы образования, разрушения и восстановления (ОРВ) пленок подобного рода и моделировать их ход с целью управления, необходимо привлекать знания многих смежных наук. В этой связи известно, что поведение дисперсных систем (ДС) в объемах и зазорах, которые соразмерны с атомами и молекулами, изучает микрореология, а при действии на них внешних электрических и магнитных полей – электрореология и магнитореология [16]. Ввиду БЧПД АТФ и РФ, закономерно предположить, что в основе процессов ОРВ ВС лежат явления реопексии, тиксотропии и дилатансии [16] нано и пико дисперсных (Н и ПД) составляющих микросреды. Так, образование отдельных участков  $\text{BC}_i$  из смеси электролита (тонкой суспензии  $S_c$ ) и масла  $S_m$ , вероятно, можно представить, как результат реопексии (РП), при которой нарастание напряжения и деформации с небольшой скоростью, приводит к структурированию золь-слоев и ускоренному нарастанию их прочности (см., рис. 2, в и уравнение 1). Повышение температуры СОЖ и появление гели в микросреде [14], усиливает реопексию, поэтому выход двигателей на номинальные и максимальные режимы обкатки является весьма желательным. В связи с тем, что рост температуры СОЖ двигателей приводит к возгонке электролита (воды), в приповерхностных слоях ВС, можно ожидать необратимого возрастания вязкости микросреды (псевдо реопексия). Это особенно важно для повышения сцепляемости ВС с

материалами деталей. Тогда, контактирующие с маслом, наружные слои ВС, должны быть тиксотропными – при минимальных значениях РФ, проявлять свойства квазитвердых веществ, а при максимальных значениях РФ – свойства квазижидкости. Такое поведение наружных слоев ВС моделируется вязкоупругостью (см., рис. 1, а). Срединные слои ВС, вероятно, должны проявлять дилатантные свойства – с увеличением скорости деформирования, МК и НД составляющие должны вовлекаться наружными слоями ВС и становиться более текучими, а при уменьшении скорости деформирования – приближаться к внутренним слоям и становиться более вязкими и упругими. В целом, переход Н и ПД составляющих микросреды от УР к САМиС, условиям  $(P \leftrightarrow V)$  ВС и на режим нормального изнашивания (НИ) поверхностей сопряженных деталей, вероятно, можно представить в виде потоковых уравнений 5 – 9:

$$UP \rightarrow S_{ЭХМ} = f [I_{ТФ}(P, V, T, I_{МКП}, U_{МКП}), S_{э} \rightarrow S_c \rightarrow S_{но} \rightarrow НД \rightarrow ПД] \rightarrow BC_i \rightarrow \quad (5)$$

$$\rightarrow S_{ХМ} = f [I_{САФ} + I_{РФ}(P_{min}, V_{min}, T_{min}, I_O, U_{П}), (S_c + S_m \rightarrow S_{РП})] \rightarrow (BC \leftrightarrow BC_{РП})_i \rightarrow \quad (6)$$

$$\rightarrow S_{ХТМ} = [I_{САФ} + I_{РФ}(P_{max}, V_{max}, T_{max}, I_O, U_{П}), (S_c + S_m \rightarrow S_{ДТ})] \rightarrow (BC_{РП} \leftrightarrow BC_{ДТ})_i \rightarrow \quad (7)$$

$$\rightarrow S_{ДЭЗ(i)} = f [I_{РФ}(P_{max}, V_{max}, T_{max}, I_O, U_{П}), (S_m \rightarrow S_{ТТ} \leftrightarrow S_{ДЭЗ})] \rightarrow (BC_{ДТ} \leftrightarrow BC_{ТТ})_i \rightarrow \quad (8)$$

$$\rightarrow S_{ДЭЗ(J)} = f [I_{РФ}(P_J, V_J, T_J, I_O, U_{П}), (S_m \leftrightarrow S_{ДЭЗ})] \rightarrow (BC_{ТТ} \leftrightarrow BC_{ДТ} \leftrightarrow BC_{РП})_J \rightarrow$$

$$\rightarrow S_{САМиС} \leftrightarrow (P \leftrightarrow V) BC_{(J)} \leftrightarrow НИ BC \rightarrow 0, \quad (9)$$

где  $S_{BC(i)}$  – свойства ВС на отдельных,  $i$ -тых, участках поверхностей в процессе их формирования;  $S_{САМиС}$  – свойства ВС в установившихся условиях трения;  $BC_{(J)}$  –  $J$ -тые свойства ВС у условиях  $(P \leftrightarrow V)$ ;  $S_{но}$  – свойства новообразований;  $S_{РП}$ ,  $S_{ДТ}$ ,  $S_{ТТ}$ ,  $S_{ДЭЗ}$  – свойства микросреды, обусловленные явлениями, соответственно, реопексии, дилатансии, тиксотропии и действием ДЭЗ в процессе формирования  $BC(i)$  и в рекуррентных условиях их изнашивания ( $J$ ).

Эти уравнения предполагается уточнить в процессе М и МКП и использовать при разработке моделей процессов, обеспечивающих САМиС и режима НИ деталей различных групп качества. Ранее, модель ТС разрабатывалась на языке «Turbo Paskal» для слоя смазки и ВС на сопряженных деталях [17]. Их взаимодействие рассматривалось на пяти уровнях – в двух слоях ВС, примыкающих к деталям и в двух слоях ВС, примыкающих к смазке а также в срединном слое смазки. Приведенные выше данные исследований и их обсуждение показывают, что для успешного управления процессами  $(P \leftrightarrow V)$  ВС, при непрерывном отслеживании откликов составляющих микросреды и всей ТС, каждый структурированный слой на детали необходимо рассматривать и моделировать на пяти уровнях: первый уровень – слой  $BC(i)$ , который формируется в процессе ЭХМ поверхностей (см., уравнение 5); второй – слой  $BC_{РП}$  (см., уравнение 6); третий – слой  $BC_{ДТ}$  (см., уравнение 7); четвертый – слой  $BC_{ТТ}$  (см., уравнение 8); пятый – слой  $BC_{(J)}$  (см., уравнение 9). При этом, на каждом уровне, необходимо учитывать экстремальные значения РФ и динамику изменения свойств микросреды.

### 5. Заключение.

Таким образом, выполненные исследования позволили:



1. Установить причины низкой надежности техники и предложить странам-реципиентам сложной сельскохозяйственной техники материаловедческий путь решения этой проблемы – при производстве, использовании и восстановлении техники, необходимо постоянно улучшать качество материалов деталей, применяя необезличенные методы воздействия.

2. Анализировать современные разработки по обеспечению структурной адаптации материалов деталей основных сопряжений комбайновых и автотракторных двигателей со средой и на этой основе разработать новые подходы и методику контроля откликов составляющих микросреды и процессов, от начала развития площадей контакта между сопряженными деталями двигателей до их упругого взаимодействия.

3. Определить основные отклики процессов макро и микро приработки, а также взаимной доводки деталей под действием технологических и рабочих факторов и построить гипотетические модели их взаимодействия в виде потоковых уравнений образования вторичных структур, условий их разрушения и восстановления, а также нормального изнашивания.

#### **Список литературы:**

1. Кривошеков В.Е. Индустрия рециклинга взамен индустрии ремонта и реновации: парадигма меняется. Нац. ун-т кораблебудування ім. адм. Макарова. [Електронний ресурс]. Режим доступа: [krivoshchekov.at.ua\\_fr/0/956.pdf](http://krivoshchekov.at.ua_fr/0/956.pdf).

2. Ольховацкий А.К. Наноматериалы в техническом сервисе с.-х. машин / А.К. Ольховацкий, В.П. Лялякин, Р.Ю. Соловьев, Ю.А. Мазалов, Д.А. Гительман, уч. пособие под ред. акад. РАСХН В.И. Черноиванова. – Челябинск - Москва: ГОСНИТИ. – 2010. – 67с.

3. Базров Б.М. Проблема технологической классификации деталей / Б.М. Базров // Сб. тр. XX междунаrodn. н.- техн. конф. «**Машиностроение и техносфера XXI века**» в г. Севастополе, 16 – 21 сентября 2013 г. – Донецьк: ДонНТУ. – Т.1. – С. 43 – 45. ISBN 966-7907-22-8.

4. Аулін В.В. Принципи автоматичного керування процесами в триботехнічних системах / В.В. Аулін // Проблеми трибології. – 2013. – № 4. – С. 129 – 135. ISSN 2079-1372.

5. Болдар Л.Н. Забезпечення якості відремонтованих двигунів внутрішнього згоряння: системний підхід / Л.Н. Болдар // Зб. наук. техн. праць ЛНАУ. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Вид-во ЛНАУ. – 2008. – № 91. – С. 36 – 51. ISBN 966-7588-28-9.

6. Горев В.В. Математическое моделирование при расчетах и исследованиях строительных конструкций / В.В. Горев, В.В. Филиппов, Н.Ю. Тезиков. – М.: Высшая школа. – 2002. – 206 с. ISBN 5-06-004335-5.

7. Болдар Л.Н. Початкове припрацювання деталей тракторних двигунів на електроліті під дією електричного струму. Повідомлення 1. Макроприпрацювання. / Л.Н. Болдар // Журнал АТМУ «Сучасне машинобудування». – К.: ІВЦ ІНМ ім. В.М. Бакуля НАНУ. – 2000. – № 3 – 4 (5 – 6). – С. 17 – 24. ISBN 966-7483-33-9.

8. Болдар Л.Н. Обоснование рекомендаций по использованию альтернативных технологических процессов при ремонте сложной с.-х. техники / Л.Н. Болдарь, С.В. Слукин // Наук. вісник Луганського НАУ. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Вид. ЛНАУ, 2014. – № 49. – С. 36 – 57. ISBN 966-7588-28-9.

9. Блесман А.И. Оптимизация триботехнических свойств материалов металлополимерных узлов трения / А.И. Блесман, Д.В. Постников, В.И. Суриков,

А.М.Ласица, А.А.Теплоухов // Сб. тр. XIII Международн. н.т.к. «Машиностроение и техносфера XXI века». – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Т.1. – С.91-95. ISBN 966-7907-19-8.

10. Болдар Л.Н. Механізм забезпечення структурної адаптації матеріалів і середовища між деталями Д.В.З./Л.Н. Болдар // Міжн. зб. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування». – Донецьк: ДонНТУ. – 2008. – Вип. 36. – С. 28 – 35. ISBN 966-7907-26-6.

11. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 166 с.

12 Статті и доклады Лотфи Заде. Нечёткое множество. [Електронний ресурс]. Режим доступа: [http://zadeh.narod.ru/zadeh\\_papers.html](http://zadeh.narod.ru/zadeh_papers.html). ISBN: 0849398045.

13. Коробов Ю.М. Электромехнический износ при трении и резании металлов /Ю.М. Коробов, Г.А. Прейс. – К.:Техника, 1976. – 200 с.

14. Болдарь Л.Н. Разработка технологии ЭХМП основных сопряжений автотракторных двигателей при их ремонте: Дисс.... канд. техн. наук: 05.20.03 – Кишинев: 1985. – 290 с.

15. Болдар Л.Н. Влияние условий трения на взаимную доводку образцов, изготовленных из материалов деталей комбайновых и автотракторных двигателей / Л.Н. Болдар // Міжн. зб. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування». – Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – Вип. 38. – С. 29 – 40. ISBN 966-7907-26-6.

16. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии / Пер. с англ. И.А. Ладыгина; Под ред. В.Г. Кульчихина. –М.: КолосС, 2003. – 312 с. ISBN 5-9532-0234-2.

17. Болдарь Л.Н. Моделирование условий формирования вторичных структур на поверхностях деталей основных сопряжений ДВС. / Л.Н. Болдарь, В.А. Тамазян // Научн. весник ЛНАУ. Серия: Технические науки. – Луганск: Изд-во ЛНАУ. – 2011. – Вип. 29. – С. 150 – 162. ISBN 966-7588-28-9.

Надійшла до редколегії 04.06.2014 р.

**Л.Н. Болдар**

**НАНО И ПИКО ДИСПЕРСНІСТЬ МІКРОСЕРЕДОВИЩА – ОСНОВНА УМОВА НОРМАЛЬНОГО ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВІДРЕМОНТОВАНИХ КОМБАЙНОВИХ І АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ**

*Показано, що велике число уривчастості дії альтернативних і робочих чинників, нано і піко дисперсність мікросередовища, є основними умовами нормального зношування, утворення, руйнування і відновлення вторинних структур на поверхнях деталей відремонтованих комбайнових і автотракторних двигунів.*

**Ключові слова:** макро і мікро припрацювання, електроліт, електричний струм, двигун внутрішнього згорання, капітальний ремонт, обкатка, мікросередовище, вторинні структури, «нульовий» знос деталей.

**L.N. Boldar**

**NANO AND PICO DISPERSIVE MICROENVIRONMENT - GENERAL CONDITIONS NORMAL WEAR PARTS RENOVATED AND COMBINE AUTOMOTIVE ENGINES**

*It is shown that an increasing number of alternative and intermittent operational factors, nano and pico dispersion microenvironment are the basic conditions of normal wear, education, destruction and restoration of secondary structures on the surfaces of parts renovated shearer and automotive engines.*

**Key words:** macro and micro bedding, electrolyte, electric current, internal combustion engines, repair, running, microenvironment, secondary structure, a "zero" wear