

*Л.А. Стрелковская*

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Проведен анализ существующих методов получения и обработки информации о состоянии судового двигателя, применяемых на флоте, которые могут быть использованы при разработке системы поддержки принятия решения. Показано, что поскольку получаемая информация носит неоднозначный характер, то для ее обработки целесообразно использовать методы нечеткой логики и нейросетевых технологий, позволяющие, несмотря на неопределенность, формировать экспертные выводы, которые судовым механиком сможет учитывать при выборе окончательного решения о выборе эксплуатационного режима, а также необходимости проведения мероприятий по обслуживанию и ремонту двигателя.*

### Постановка проблемы

На сегодняшний день основным требованием к эксплуатации судов является обеспечение их безопасности, что, в свою очередь, непосредственно связано с обеспечением надежности работы судовых энергетических комплексов и выбором оптимальных режимов их использования. Для достижения высокого уровня надежности судовых двигателей необходимо проводить плановые проверки их технического состояния, направленные на обнаружение возникших дефектов в процессе эксплуатации и проведение необходимых мероприятий для их устранения. Принятие решения о выборе эксплуатационного режима или необходимости проведения того или иного мероприятия возлагается на одного человека – судового механика и базируется на его знаниях и опыте. В этой связи существует большая вероятность принятия неправильного решения. Снизить эту вероятность можно внедрив на флоте экспертные системы параллельного принятия решений (СППР), позволяющие на основе полученной информации, характеризующей текущее состояние двигателя, выработать альтернативное решение. Подобное решение системе позволяет сделать заложенная в нее база знаний, разработанная с учетом обобщенного опыта некоторого числа признанных экспертов.

### Анализ публикаций

Попытки обработать, систематизировать и обобщить полученную информацию с использованием автоматизированных систем предпринимались неоднократно. Решением вопроса мониторинга выходных параметров на сегодняшний день занимаются производители судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) и некоторые специализированные фирмы.

Так, крупнейший производитель судовых дизелей MAN B&W Diesel разработал систему компьютерного диагностирования CoCoSEDS [1]. Программный пакет разработан таким образом, что через стандартный интерфейс позволяет осуществлять интегрирование с системой централизованно-

го контроля мониторинга главного двигателя. Разработанная компьютерная система получает данные о работе двигателя, проводит их анализ и оценивает его техническое состояние. В системе предусмотрена возможность хранения данных о режимах нормальной работы дизеля, а также встроена база экспертных данных. Все это позволяет не только делать заключение о возникших отклонениях от нормального функционирования, но и осуществлять рекомендации по эксплуатации дизеля.

Программные пакеты FAKS2i и Moni Trend (Data Analysing System) выпускает компания Wartsila [2]. Алгоритм работы программы FAKS2i в некоторых аспектах аналогичен с CoCoSEDS. Данные в систему поступают непосредственно из системы централизованного контроля и мониторинга. Для оценки технического состояния также используется база экспертных данных. Пакет MoniTrend проводит анализ данных, получаемых из системы централизованного контроля и мониторинга, и в режиме реального времени выявляет тренд.

В продуктах компаний MANB&WDiesel и Wartsila предусмотрен дистанционный доступ, на основе современных веб – технологий, таких как Java и XML. Это обеспечивает доступ в базу данных в любом месте в пределах сети судна.

Диагностическая система CEDC фирмы «Зульцер» предназначена для диагностирования цилиндропоршневой группы, топливной аппаратуры, турбокомпрессоров и систем СДВС. В случае изменения контролируемых параметров, осуществляется анализ тенденций их изменения во времени и определяется необходимый для ремонта соответствующего узла или механизма срок. При появлении вероятности поломки детали или узла происходит срабатывание сигнализации, что является предупреждением о достижении предельного значения параметра. Благодаря подобной системе каждый раз производятся только те работы, которые необходимы для поддержания характеристик дизеля на заданном уровне.

Рассмотренные выше системы могут обслуживать только некоторые новые модели дизелей, для которых они и были созданы. В тоже время, имеется огромное количество судов, не оборудованных подобными системами, которые сейчас находятся в эксплуатации и будут эксплуатироваться еще на протяжении нескольких десятков лет. К числу таких судов относятся и большинство судов, принадлежащих украинским компаниям. На фоне все более возрастающих требований к безопасности судоходства и росту конкуренции в морской отрасли, становится актуальной задача снижения вероятности принятия неправильного или экономически неоправданного решения во время эксплуатации судовой энергетической установки. В значительной мере задача может быть решена внедрением на этих судах универсальных СППР, которые на основании поступающей в систему информации, вырабатывают рекомендации, связанные с проведением эксплуатационных мероприятий или с выбором режимов работы главных и вспомогательных двигателей.

Предложенное системой решение может совпадать с решением самого механика, что указывает на большую вероятность правильности принятого решения. Может не совпадать, что заставит механика еще раз проанализировать ситуацию и найти дополнительные аргументы в пользу своего решения или решения, предложенного СППР. И в том и в другом случае совместная работа человека и СППР ведет к снижению вероятности ошибок.

СППР может быть реализована в виде программного продукта, который по заложенному алгоритму обрабатывает полученную информацию и формирует альтернативное решение. Разработка СППР предполагает три основных этапа:

- отбор исходной информации, характеризующей техническое состояние объекта;
- выбор методов и алгоритмов ввода, накопления, обработки информации и ее хранения;
- разработка программного продукта и его апробация.

Данная статья посвящена анализу методов получения и обработки информации о техническом состоянии судового двигателя, которые могут быть использованы при разработке СППР. Очевидно, что исходная информация должна отвечать ряду специфических требований, которые будут рассмотрены нами далее.

*Цель статьи.* На основе проведенного анализа методов определения технического состояния СДВС, которые нашли применение на флоте, выделить характер и структуру наиболее информативных параметров состояния. Определить наиболее эффективные методы алгоритмизации выделенных

параметров для обработки информации и генерирования вариантов экспертных решений СППР в рамках проведения эксплуатационных мероприятий.

#### **Изложение основного материала**

Мероприятия в рамках технической эксплуатации СДВС можно разделить на две большие группы – мероприятия по техническому использованию и по техническому обслуживанию (и/или ремонту) [3].

Первая группа мероприятий направлена на сопровождение процесса функционирования судового двигателя, основная цель которых минимизировать эксплуатационные затраты в рамках поставленных перед механиком задач [3]. В качестве критериев для выбора режима работы судового двигателя можно выделить следующие:

- необходимость обеспечить заданную скорость судна;
- необходимость обеспечить максимальную мощность (в условиях экстремальной эксплуатации);
- необходимость минимизировать расход топлива, масла, воды и других эксплуатационных материалов;
- необходимость обеспечить установленные экологические показатели.

Следует понимать, что эффективное функционирование СДВС с минимальными затратами невозможно без учета текущего технического состояния двигателя. В противном случае это может привести к серьезному ухудшению его функциональных возможностей или даже к аварийным отказам. На практике, решение задачи учета технического состояния СДВС при выборе режима эксплуатации сводится к установлению долевых значений эксплуатационных факторов (нагрузка, временные режимы) с учетом персонального опыта механика.

Вторая группа мероприятий, о проведении которых принимается решение механиком, направлена на техническое обслуживание и ремонт, что позволяет восстанавливать функциональные свойства двигателя и его систем, которые ухудшились в процессе их использования [3]. Основные задачи, решаемые в рамках данных мероприятий, следующие:

- восстановление функциональных возможностей СДВС и его систем;
- обеспечение безотказной работы на установленный период до проведения следующего обслуживания или ремонта.

Номенклатура таких мероприятий в значительной степени зависит от технического состояния двигателя, интенсивности его функционирования и принятой системы технического обслужива-

ния и ремонта.

Таким образом, при планировании всех эксплуатационных мероприятий необходимо иметь объективную информацию о действительном, текущем состоянии СДВС.

На сегодняшний день для определения технического состояния (ТС) двигателей используется большое количество методов диагностики, которые направлены на выявление причин, которые могут привести к отказам. К разработанным методам комплексной оценки ТС можно отнести: методы, определяющие ТС двигателя по анализу таких параметров как мощность, среднее эффективное давление, крутящий момент, расход топлива и коэффициент полезного действия [4]; оценивание ТС по параметрам рабочих процессов [5]; методы диагностирования по параметрам отработавших газов [6] и работающего моторного масла [7].

Несмотря на это, остается целый ряд нерешенных проблем, связанных с объективной оценкой ТС.

К нерешенным частям общей проблемы следует отнести невысокую точность существующих методов определения ТС, а также отсутствие в большинстве случаев однозначных связей между контролируемыми параметрами и действительным состоянием СДВС, что затрудняет выделение причинно-следственных связей, которые могут лечь в основу алгоритмов для СППР.

К наиболее распространенным методам определения ТС, используемым при эксплуатации СДВС, можно отнести:

- оценивание технического состояния по параметрам рабочих процессов [5]. Метод основан на измерении параметров частотно-временной группы, которыми характеризуется большинство процессов дизеля. Определение ТС параметрическим методом состоит в непрерывном или периодическом наблюдении за рабочими параметрами СДВС. При этом используются штатные средства контроля. Значения рабочих параметров сравниваются с допустимыми значениями и на основании этого принимаются решения о проведении ремонтных операций или регулировочных работ. Подобную оценку проводят как на основании частных, так и обобщенных показателей. К частым показателям относятся показания, полученные штатными приборами. Сравнение ключевых частных параметров рабочих процессов с эталонными значениями может быть легко алгоритмизировано и использовано для оценки ТС в СППР. Обобщенными показателями являются выходные показатели, такие как производительность, удельный расход топлива, мощность, крутящий момент, коэффициент полезного действия и т.д. [4]. Перечисленные параметры

находятся в тесной корреляционной связи с неисправностями в работе таких систем и механизмов двигателя как: механизм газораспределения, топливная система, система воздухообеспечения, система смазки, система охлаждения, кривошипно-шатунный механизм и т.д. Недостатком использования комплексных параметров в СППР является влияние других систем СДВС на их изменение, что затрудняет разработку алгоритмов для выявления причинно-следственных связей. К тому же, большинство комплексных параметров не может быть получено в условиях эксплуатации, поэтому их использование в СППР может носить ограниченный характер;

- инструментальный метод определения ТС заключается в оценке состояния узлов и деталей СДВС с помощью специальных измерительных инструментов. При этом диагностирование осуществляется на нерабочем, а при необходимости, разобранном полностью, или частично, двигателе. Недостатком таких методов является то, что информация о действительном ТС обновляется периодически, поэтому для ее учета при выработке решения нужно иметь или массив данных, достаточных для адекватного прогнозирования, или закон изменения данного параметра во времени;

- визуальная дефектоскопия применяется для обнаружения закоксовывания и нагара, перегрева или пережога деталей, поломок и больших трещин [8]. Данным методом хорошо обнаруживаются коррозионные разрушения поверхностей, находившихся под воздействием агрессивной среды, результаты нарушения режимов смазки в парах трения. Достоинство данного метода – простота, наглядность при обнаружении дефектов, использование недорогой аппаратуры. Недостатки – данными методами можно вскрыть только макроскопические поверхностные дефекты. В большинстве случаев использование данного метода направлено на качественную оценку ТС, результаты которой могут быть алгоритмизированы и обработаны только методами нечеткой логики;

- виброакустический метод [8] основан на анализе параметров вибраций и акустических шумов. Недостатки: невысокая надежность из-за высокого уровня помех, преимущественно качественная оценка ТС;

- методы определения ТС по параметрам отработавших газов, позволяют выявить неисправности топливной аппаратуры, агрегатов наддува, цилиндропоршневой группы и др. Однако данные методы являются недостаточно объективными из-за большого количества факторов, влияющих на параметры отработавших газов, и подходят только для постановки предварительного диагноза. Но

даже в таком виде эти показатели могут быть обработаны методами нечеткой логики и учтены при принятии решения генерируемого СППР;

- трибодиагностика представляет собой набор методов и средств контроля состояния подвижных сопряжений. Контроль за состоянием пар трения может осуществляться по результатам анализа смазочного масла [9].

#### Методы обработки диагностической информации в рамках разработки СППР

На сегодняшний день арсенал методов получения данных о техническом состоянии двигателя сформирован, установлены причинно-следственные связи между техническим состоянием и функциональными возможностями СДВС. Однако в большинстве случаев, анализ полученной информации и принятие решения возлагается на человека, в данном случае судового механика, который берет на себя ответственность, в том числе и юридическую, за принятое решение. Не смотря на большой арсенал методов не всегда можно своевременно выявить неисправность в связи с нечеткостью и несвоевременностью поступления объективной информации о ТС двигателя в режиме реального времени [10]. Это необходимо учитывать при выборе методов обработки информации в рамках разработки СППР.

Кроме того, при создании экспертной системы необходимо учитывать, что:

1. Работа судового двигателя основана на различных физических принципах: механических, гидравлических, электронных и т.д., таким образом, получение каких-либо универсальных решений для определения технического состояния СДВС является проблематичным.

2. Не вся информация о состоянии двигателя считается постоянно.

3. Любое оборудование, находящееся на борту судна, имеет свой уровень надежности и особое внимание необходимо уделять параметрам менее надежных элементов.

4. Большинство параметров состояния не имеют четко выраженных причинно-следственных связей с техническим состоянием СДВС.

Очевидно, что в условиях неопределенности, система СППР может быть построена на основе методов информационных технологий, которые способны эту неопределенность минимизировать.

Для решения подобных задач широкое распространение получили системы нечеткого логического вывода, в основе которых лежит теория нечетких множеств [11]. Одним из перспективных методов оценки ТС является метод, основанный на использовании нейросетевых технологий [12].

В процессе эксплуатации СДВС происходит

процесс его деградации, что приводит к отклонению от нормального состояния. В связи с этим был разработан ряд методов, в основу которых положено обнаружение отклонения от нормального состояния, наиболее распространенные из них – методы, основанные на теории статистических решений и временных рядов. Одним из таких методов статистического распознавания и учета признаков различной физической природы является метод Байеса. В случаях, когда существует большой объем статистической информации его применение является целесообразным за счет его простоты, надежности и эффективности. Метод легко поддается алгоритмизации и поэтому может быть использован в СППР. К его недостаткам можно отнести: работа с большим количеством информации, а также «угнетение» редко встречающихся диагнозов [13].

Метод распознавания моделей относится к выявлению закономерностей и сходств в наборе данных. Этот метод основывается на научных исследованиях в области ИТ – технологий. Процессы автоматической классификации измеряемых сигналов по категориям основаны на распознавании особенностей, общих для всех объектов в данной категории, которые отличают их от объектов в других категориях.

Поскольку поступающая информация о состоянии двигателя в режиме эксплуатации не всегда своевременна и может носить нечеткий характер, широкое распространение получили системы нечеткого логического вывода, в основе которых лежит теория нечетких множеств [10,11]. Практическая реализация данного метода была осуществлена автором для судового двигателя Wärtsilä 6L46C. Из множества параметров, характеризующих техническое состояние судового дизеля, были выделены семь, по которым разработчики двигателя Wärtsilä 6L46C определили критические значения со сбрасыванием сигнализации.

В основе системы нечеткого логического вывода лежит база знаний, включающая в себя множество входных переменных  $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , множество выходных переменных  $D=\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ , базовое терм-множество с соответствующими функциями принадлежности каждого терма:  $A=\{a_1, a_2, \dots, a_i\}$ , конечное множество нечетких правил, согласованных относительно используемых в них переменных:

$$\bigcup_{k=1}^m \left[ \bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^k), \text{ при } \omega_k \right] \rightarrow D = d_k, \quad (1)$$

где  $k = 1, \dots, m$  – количество логических высказываний;  $i = 1, \dots, n$  – число используемых термов.

В качестве входных параметров были выбра-

ны:  $x_1$  – «температура воздуха после воздухоохлаждителя»,  $x_2$  – «давление до двигателя (система смазочного масла)»,  $x_3$  – «давление циркуляционного насоса»,  $x_4$  – «температура перед двигателем, ном. (система смазочного масла)»,  $x_5$  – «давление до двигателя (высокотемпературный контур)»,  $x_6$  – «температура после цилиндров (высокотемпературный контур)»,  $x_7$  – «давление до двигателя (низкотемпературный контур)». Выходной параметр:  $y$  – «техническое состояние»

Причинно-следственные связи между значениями параметров и техническим состоянием двигателя формализуются в виде совокупности нечетких логических правил. Для построения базы нечетких правил была выполнена экспертная оценка комбинаций значений входных переменных с одновременной оценкой функций принадлежности. Весовым коэффициентам всех правил было присвоено значение 1. Поскольку совокупность таких правил описывает стратегию управления системой, то при их составлении было уделено особое внимание их непротиворечивости. Вычислительные эксперименты показали, что наименьшую ошибку аппроксимации дает база, состоящая из 366 правил. В ходе проверки работы системы, изменение значений входных параметров в пределах заданного диапазона вызывало изменение выходной переменной в соответствии с реальной ситуацией. Пример работы системы представлен в таблице.

Таблица. Результаты работы системы

№	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$y$
1.	325	0,35	0,078	345	0,415	368	0,398	0,893
2.	325	0,35	0,060	345	0,415	368	0,398	0,887
3.	313	0,25	0,058	350	0,380	356	0,349	0,768
4.	320	0,25	0,079	352	0,260	360	0,360	0,688
5.	346	0,24	0,063	353	0,300	379	0,220	0,491
6.	342	0,35	0,050	351	0,200	365	0,200	0,407
7.	318	0,30	0,780	350	0,100	367	0,380	0,158
8.	344	0,25	0,025	352	0,260	380	0,280	0,150

Так для первого случая, когда значения  $x_1=325$ ;  $x_2=0,35$ ;  $x_3=0,078$ ;  $x_4=345$ ;  $x_5=0,415$ ;  $x_6=368$ ;  $x_7=0,398$ , что соответствует норме, значения выходной переменной  $y=0,893$ , что, по мнению экспертов, соответствует «хорошему» ТС при данных значениях входных параметров. При других комбинациях входных параметров по оценкам экспертов диапазон выходного параметра  $y$  от 0,8 до 1,0 соответствует «хорошему» ТС, от 0,5 до 0,8 – «приемлемое» от 0,3 до 0,5 – «допустимое» и ниже 0,3 – «недопустимое».

До разработки данной теории все объекты четко распределялись по группам и могли либо

принадлежать к ним, либо нет. Используя методы нечеткой логики можно моделировать в какой степени объект принадлежит к группе.

### Выводы

Поскольку большинство данных, поступающих в СППР, носят неоднозначный характер, то в условиях такой неопределенности, для обработки этих данных наиболее целесообразно использовать методы нечеткой логики и нейросетевых технологий, позволяющие, несмотря на неопределенность, формировать экспертные выводы, которые судовой механик сможет учитывать при выборе окончательного решения.

На основе рассмотренного примера показано, что наиболее простая модель оценки текущего технического состояния, необходимая для использования в системах управления работой судового дизеля, может быть построена на основе разработанной базы правил системы нечеткого логического вывода.

Для каждого набора контролируемых параметров существует оптимальное число правил, составляющих базу правил. Для рассматриваемого в работе случая это число правил равно 366.

При варьировании значений входных параметров от min до max, значение выходного параметра варьировалось от 0,15 до 0,893 и по оценкам экспертов адекватно характеризовало ТС СДВС для каждого случая.

Модели с использованием методов нечеткой логики могут быть построены и формализованы соответствующим образом под определенные условия с учетом практического опыта достаточно большого числа специалистов в области эксплуатации подобных двигателей.

### Список литературы:

1. Faure C. Automatic perception of the structure of handwritten mathematical expressions [Text] /C. Faure, Z. Wang – Singapore: World Scientific, 1990. – pp. 340-348.
2. Faure C. Structural analysis of handwritten mathematical expressions [Text] /C. Faure, Z. Wang – Rome: Proc. Ninth Intl. Conf. on Pattern Recognition, 1988. – pp. 215-224.
3. Камкин С.В. Эксплуатация судовых дизелей [Текст]: учебник для вузов /С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.П. Шмелев. – М.: Транспорт, 1990. – 344 с.
4. Крашенников С.В. Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания /С.В. Крашенников //Вестник Новосибирского государственного университета. – 2012. - № 2(12). – С.59- 68.
5. Одинцов В.И. Диагностирование технического состояния дизелей по параметрам рабочего процесса [Электронный ресурс] / В.И. Одинцов, С.А. Кабыли // Вестник АГТУ - 2012. - №1. С. 123-128. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/diagnostirovanie-technicheskogo-sostoyaniya-dizeley-po-parametram>

rabochego-protsesta/6. Гор Д. А. Бесконтактные методы диагностики дизельного двигателя основанные на анализе формы волны выхлопных газов [Текст] / Д. А. Гор, Г. Ж. Кук // Ряд Технических документов SAE. – 1987. - №7 – С.12 - 20. 7. Викулов С.В. Основы технической диагностики судовых дизелей по комплексу параметров работающего моторного масла [Текст] /С.В. Викулов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. академ. вод.трансп., 2011.– 176 с. 8. Биргер И.А. Техническая диагностика [Текст] /И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с. 9. Надежкин А.В. Мониторинг работающего моторного масла в системе обеспечения безопасной ресурсосберегающей эксплуатации судовых дизелей [Текст]: автореф. дис. д-ра тех.наук: 05.08.05 / А.В. Надежкин - Владивосток, 2011. - 16 с. 10. Бабичев С.А. Система технической диагностики судовых установок на основе нечеткой логики [Текст] /С.А. Бабичев, Л.А. Стрелковская // Современные энергетические установки на транспорте, технологии и оборудование для их обслуживания: материалы научно-практической конференции, 01-03 октября 2014г., г. Херсон. – Херсон: Херсонская государственная морская академия, 2014. – С. 168 - 169. 11. Серикова, Е.А. Применение теории нечетких множеств для косвенной оценки компрессии в цилиндрах ДВС [Текст] / Е.А. Серикова, Д.Н. Леонтьев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - 2012. - №56. – С. 125 – 131. 12. Покусаев М.Н. Система диагностики судовых энергетических установок с применением нейросетевых моделей [Текст] /М.Н. Покусаев, Н.Н. Касимов. //Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика - 2012, №2. – С. 88-93. 13. Никитин Е.А. Диагностирование дизелей [Текст] / Е.А. Никитин, Л.В. Станиславский, Э.А. Улановский и др. – М.: Машиностроение, 1987 – 224с.

**Bibliography (transliterated):**

1. Faure, C., Wang, Z. (1990), Automatic perception of the structure of handwritten mathematical expressions. – Singapore: World Scientific, pp. 340-348, DOI: 10.1142/9789814439329\_0016 2. Faure, C., Wang, Z. (1998) Structural analysis of handwritten mathematical

expressions. – Rome: Proc. Ninth Intl. Conf. on Pattern Recognition, pp. 215-224, DOI:10.1109/icpr.1988.28165 3. Kamkin, S.V., Voznickij, I.V, Shmelev, V.P. (1990), Exploitation of marine diesel engines. A textbook for high schools. [E'kspluatatsiya sudovykh dizelej: uchebnyk dlya vuzov], Transport, Moscow, 344 p. 4. Krashennikov, S.V. (2012), "Modern approaches to diagnostics of diesel internal combustion engines" ["Sovremennye podkhody k diagnostirovaniyu dizelej'nykh dvigatelej vnutrennego sgoraniya"], Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta, No 2(12). – pp.59 - 68. 5. Odincov, V.I., Kabysh, S.A. (2012), "Diagnosis of the technical state of diesel on the parameters of the working process" [Diagnostirovanie texnicheskogo sostoyaniya dizelej po parametram rabochego processa], available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/diagnostirovanie-tekhnicheskogo-sostoyaniya-dizelej-po-parametram-rabochego-protsesta>. 6. Gor, D. A., Kuk, G. Zh. (1987), "Non-contact methods for the diagnosis of diesel engine based on the analysis of the wave form of exhaust gases" ["Beskontaknyye metody diagnostiki dize'l'nogo dvigatelya osnovannyye na analize formy volny vykhlopnyykh gazov"], Ryad Texnicheskix dokumentov SAE, No. 7, pp. 12-20. 7. Vikulov, S.V. (2011), Fundamentals of technical diagnostics of marine diesels on the complex parameters of a working engine oil [Osnovy texnicheskoy diagnostiki sudovykh dizelej po kompleksu parametrov rabotayushhego motornogo masla], Novosib. gos. akad. em. vod.transp. Novosibirsk, 176 p. 8. Birger, I.A. (1978), Technical diagnostics. [Texnicheskaya diagnostika], Mashinostroenie, Moscow, 240 p. 9. Nadezhkin, A.V. (2011), Monitoring of operating the engine oil in the system to ensure safe resource-saving operation of ship diesel engines [Monitoring rabotayushhego motornogo masla v sisteme obespecheniya bezopasnoj resursosberegayushhej e'kspluatatsii sudovykh dizelej: avtoref. dis.d-ra tex.nauk], Vladivostok, 16 p. 10. Babichev, S.A., Strelkovskaya, L.A. (2014), "Technical diagnosis system of marine plants on the basis of fuzzy logic" ["Sistema texnicheskoy diagnostiki sudovykh ustanovok na osnove nechetkoj logiki"], Xersonskaya gosudarstvennaya morskaya akademiya, pp. 168-169. 11. Serikova, E.A. Leont'ev, D.N. (2012), "Application of the theory of fuzzy sets for the indirect estimation of compression in the ICE cylinders" ["Primenenie teorii nechetkix mnozhestv dlya kosvennoj ocenki kompressii v cilindrax DVS"], Otkrytye informacionnye i komp'yuternye integrirovannyye, No. 56, pp. 125 – 131. 12. Pokusaev, M.N., Kasimov, N.N. (2012), "Diagnosis system of ship power plants with the use of neural network models" ["Sistema diagnostiki sudovykh e'nergeticheskix ustanovok s primeneniem nejrosetevykh modelej"], Vestnik AGTU, No. 2, pp. 88 – 93. 13. Nikitin, E.A., Stanislavskij, L.V., Ulanovskij, E.A. (1987), Diagnosing diesel [Diagnostirovanie dizelej], Mashinostroenie, Moscow, 224 p.

Поступила в редакцию 24.06.2016 г.

**Стрелковская Лилия Александровна** - аспирант, старший преподаватель кафедры информационных технологий, компьютерных систем и сетей, Херсонская государственная морская академия, Херсон, Украина, [liliya\\_strelkovskaya@mail.ru](mailto:liliya_strelkovskaya@mail.ru), 0953056481

**АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СУДНОВОГО ДВИГУНА**

*Л.О. Стрелковська*

Проведено аналіз існуючих методів отримання та обробки інформації про стан суднового двигуна, що застосовуються на флоті, які можуть бути використані при розробці системи підтримки прийняття рішення. Показано, що оскільки отримана інформація носить неоднозначний характер, то для її обробки доцільно використовувати методи нечіткої логіки і нейронних технологій, що дозволяють, не дивлячись на невизначеність, формувати експертні висновки, які судновий механік зможе враховувати при виборі остаточного рішення про вибір експлуатаційно-го режиму, а також необхідності проведення заходів з обслуговування та ремонту двигуна.

**ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF THE SHIP'S ENGINE**

*L. Strelkovskaya*

The analysis of existing methods of obtaining and processing information about the State of the ship's engine, used in the Navy, which can be used to develop a decision support system solution. It is shown that since the information is ambiguous, then it is advisable to use for processing methods of fuzzy logic and neural network technology to enable despite uncertainty form the expert's conclusions that the ship mechanic will be able to consider when choosing a final decision on the selection of operating conditions, as well as the need for engine maintenance and repair.