

Раздел 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ, АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ, УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 303.732.4

DOI: 10.34046/aumsuomt90-17

АЛГОРИТМЫ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГЛАВНОГО СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Н.А. Полковникова, кандидат технических наук

А.К. Полковников, кандидат технических наук, доцент

В работе предлагается комплексный подход к решению задач технической эксплуатации главных судовых дизелей на основе системной организации информационной среды, формализации процедур эволюции данных от формирования первичной информационной базы, до программной реализации алгоритмов поддержки принятия решений с использованием методов статистического моделирования. Система поддержки принятия решений для идентификации неисправностей главного двигателя крупнотоннажного танкера позволяет использовать результаты мониторинга и производить обработку данных, оценку технического состояния на основе диагностико-прогнозирующих процедур, автоматизировать процедуры решения эксплуатационных задач для информационной поддержки оператора в принятии оптимальных решений. Разработанный пакет прикладных программ обеспечивает поддержку принятия решений в следующих задачах технической эксплуатации главного двигателя: оценка текущего

технического состояния и идентификация неисправностей по контролируемым параметрам, предотвращение внезапных и прогнозирование постепенных отказов, определение междочковых и межремонтных периодов.

Ключевые слова: главный двигатель, система поддержки принятия решений, статистический анализ данных, идентификация неисправностей, внезапный отказ.

The paper proposes a comprehensive approach to solving technical maintenance problems of main marine diesel engines based on the system organization of information environment, formalization of data evolution procedures from the formation of primary information base to the software implementation of decision support algorithms using statistical modeling methods. The decision support system for identifying malfunctions of the main engine of a large-capacity tanker makes it possible to use monitoring results and process data, evaluate the technical condition based on diagnostic and predictive procedures, automate procedures for solving operational problems for information support of the operator in making optimal decisions. The developed software package provides decision support for the following technical tasks of the main engine: assessing the current technical condition and identifying faults by monitored parameters, preventing sudden and predicting gradual failures, determining inter-docking and overhaul periods.

Key words: main marine diesel engine, decision support system, statistical data analysis, failure identification, sudden failure.

Введение. Анализ статистических данных показывает, что значительная часть аварийных ситуаций возникает вследствие отказов судовой энергетической установки (СЭУ) и навигационных ошибок. СЭУ крупнотоннажного танкера является сложной технической системой, находящейся под воздействием не только внешних, но и внутренних факторов, оказывающих суще-

ственное влияние на степень риска. Риск развития аварийных ситуаций повышается в условиях, когда внимание оператора СЭУ (вахтенного механика) сконцентрировано на сочетаниях различных неблагоприятных факторов. Оператор СЭУ в ряде случаев оказывается не способным к принятию оптимальных решений в условиях больших потоков разнородной информации. По-

этому представляется целесообразным внедрение специализированных систем поддержки принятия решений (СППР), осуществляющих в автоматизированном режиме сбор и анализ технической информации о параметрах СЭУ с последующим формулированием рекомендаций оператору, позволяющих минимизировать риск возникновения и развития аварийных ситуаций [1] - [4].

Быстрое развитие информационных технологий, использующих новые поколения вычислительной техники, системы спутниковой связи, новейшие достижения измерительной техники, позволяют обеспечить реализацию информационных процессов технической эксплуатации СЭУ на качественно новом уровне. СППР позволяют наиболее эффективно использовать результаты мониторинга и обработки данных для решения эксплуатационных задач и служат, в первую очередь, для быстрой идентификации процессов, происходящих в СЭУ. Совершенствование технической эксплуатации СЭУ совместно с СППР путём дополнения контура знаний приводит к повышению искусственной компетентности при решении эксплуатационных задач.

В работе предлагается комплексный подход к решению задач технической эксплуатации (ТЭ) главных судовых дизелей (ГД) на основе системной организации информационной среды, формализации процедур эволюции данных от формирования первичной информационной базы до программной реализации алгоритмов поддержки принятия решений с использованием методов статистического моделирования. Выработка рекомендаций производится по результатам диагностико-прогнозирующих процедур и оценке технического состояния ГД, а решение принимается в результате интеграционного процесса, в котором принимает участие: СППР (программное обеспечение), объект управления – ГД и оператор, как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат.

Цели и задачи исследования. Целью работы является разработка системы поддержки принятия решений для главного двигателя крупнотоннажного танкера, которая позволяет использовать результаты мониторинга и производить обработку данных, оценку технического состояния на основе диагностико-прогнозирующих процедур, автоматизировать процедуры решения эксплуатационных задач для информационной поддержки оператора (лица, принимающего решение – ЛПР) в принятии оп-

тимальных решений.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- с позиций системного анализа рассмотреть процедуры решения основных задач технической эксплуатации ГД при работе в составе импульсивного комплекса крупнотоннажного судна;
- разработать алгоритмическое и программное обеспечение СППР для следующих задач ТЭ главного судового дизеля: оценка текущего технического состояния и идентификация неисправностей по контролируемым параметрам, назначение допустимого режима ГД с учётом его ТС и внешних условий плавания, предотвращение внезапных и прогнозирование постепенных отказов, определение рациональных сроков проведения технического обслуживания и ремонта ГД и междоковых периодов [6].

Особенности конструкции и эксплуатации главных судовых дизелей. Новые поколения программно-аппаратных средств, достижения измерительной техники создают предпосылки для быстрого развития информационных технологий и их реализации при технической эксплуатации ГД на качественно новом уровне. Ведущие дизелестроительные фирмы «MAN Diesel & Turbo» и «Wartsila» разработали для своих малооборотных дизелей (МОД) концепцию «The Intelligent Engine» («интеллектуальный двигатель»), в основу которой положено широкое использование промышленных контроллеров и информационных технологий [6]. Установка контроллеров на каждый рабочий цилиндр двигателя потребовала разработки алгоритмов по переработке информации, анализа технического состояния и программного обеспечения для управления фазами газораспределения и топливopодачи при выборе режима ГД.

В период экономического кризиса судоводные компании заявляют об использовании режимов «SlowSteaming» («малый ход»), «ExtraSlowSteaming» и «UltraSlowSteaming», на которых ГД работает с нагрузкой в диапазоне 25...40 % от номинальной со сниженной частотой вращения. Такие режимы применяются для экономии топлива, что также значительно сокращает выбросы отработавших газов в атмосферу. При снижении скорости хода крупнотоннажного танкера всего на три узла расход топлива снижается практически на треть. Однако в МОД с распределительным валом традиционный впрыск топлива является недостаточным для достижения требуемого результата, поскольку

процесс впрыска связан с частотой вращения. Таким образом, возможности для обеспечения независимого от нагрузки подхода к процессу сгорания очень ограничены. Проблемы в развитии конструкций и достижения высоких технико-экономических показателей современных МОД решаются благодаря электронному управлению. Процесс топливоподачи наряду с газораспределением в наибольшей степени определяет эффективность работы ГД, фиксируя характер протекания тепловыделения в цилиндре двигателя и тем самым эффективность его работы. Возможности управления этими процессами расширяются благодаря интеллектуальным микропроцессорным системам управления, которые помимо точного формирования законов управления при периодических процессах, позволяют применить адаптацию (самонастройку) систем к случайным воздействиям, обеспечить их самодиагностикой, снабдив элементами FMEA – «Failure Mode and Effects Analysis» – элементами анализа видов отказов и их последствий [7].

Ужесточение экологических норм и требования экономичности вступают в существенное противоречие, побуждая к поиску оптимальных решений при налагаемых ограничениях. В установленных зонах контроля ECA («Emission-Control Areas») для новых судовых МОД выбросы NO_x в выпускных газах ограничиваются значением 3,4 г/кВт·ч. С другой стороны, рентабельность судов зависит от оптимизации использования топлива ГД. Системы управления главными судовыми двигателями нового поколения серий ME-C («MAN Diesel & Turbo») и RT-flex («Wartsila») с микропроцессорным управлением позволяют обеспечить не только выбор закона подачи топлива, но и точное регулирование фаз топливоподачи. Для организации рабочего процесса в ГД получили применение оптимизационные методы на основе генетических алгоритмов для определения параметров топливоподачи, влияющих на расход топлива и содержание токсичных составляющих в выхлопных газах. Такая задача рассмотрена как многокритериальная для определения Парето-оптимального фронта с помощью модифицированного эволюционного алгоритма с целью минимизации двух целевых функций: удельного эффективного расхода топлива и содержания выбросов оксидов азота в выпускных газах [8]. Выбор оптимального решения определяется оператором в зависимости от условий эксплуатации судна: при заходе в зону ECA приоритетным является решение получить минимальное содержания оксидов азота в выпускных газах ГД.

В процессе технической эксплуатации ГД решается несколько различных по характеру задач, поэтому ТЭ принято разделять на техническое использование, техническое обслуживание и ремонт. Техническое использование предусматривает обеспечение надёжной, эффективной и экономичной работы ГД при выполнении заданной скорости судна. Совершенство технического использования определяется технически обоснованным и правильным выбором режимов работы ГД, эффективностью контроля, поддержания и регулирования этих режимов, рациональным использованием горюче-смазочных материалов, запасных и сменных деталей и выполнением всего комплекса мероприятий по эксплуатации главного двигателя. От выбранного режима зависят экономичность, надёжность, ресурс и безаварийная работа судового дизеля и СЭУ. Поэтому выбор оптимальных режимов эксплуатации является первостепенной задачей технического использования. В то же время задание режимов требует знаний закономерностей изменения энергетических, экономических показателей, понимания связей конструктивных, теплотехнических и режимных параметров с показателями, определяющими уровни механических и тепловых нагрузок. Это особенно важно в связи с существующей тенденцией повышения тепловой и механической напряжённости судовых дизелей.

На основании исследований и опыта эксплуатации судовых дизелей разработаны общие принципы нормирования режимов работы ГД. Они предусматривают предупреждение перегрузки двигателя, для чего параметры регламентируются ограничительной характеристикой. Однако из-за недостаточности информации об уровнях тепловой и механической напряжённости двигателя в условиях эксплуатации выбор режима обычно производят с назначением обязательного запаса мощности на величину до 5 %, что явно не соответствует требованиям по улучшению использования флота и повышению эффективности перевозок. Ошибки при назначении допустимой нагрузки ГД могут приводить или к недоиспользованию построечной мощности и снижению провозоспособности флота, или к перегрузке двигателя. Обе крайности связаны с финансовыми издержками судовладельцев и потерями прибыли.

Другой важной задачей технического использования является сокращение затрат на горюче-смазочные материалы за счёт тщательного регулирования дизеля, правильного назначения режимов его работы и постоянного поддержания

его в надлежащем техническом состоянии, использования высоковязких остаточных топлив.

Главной задачей технического обслуживания и ремонта является поддержание и восстановление технико-эксплуатационных показателей судового оборудования в оптимальные сроки. Таким образом, в процессе эксплуатации ГД решаются две основные тесно взаимосвязанные задачи: использования и обслуживания. При техническом использовании ГД решающее значение имеет контроль его технического состояния (ТС), основой которого является получение и анализ информации об управляемом объекте. От качества и количества анализируемой при этом информации существенно зависит эффективность эксплуатации. Важной процедурой во время обслуживания является диагностирование технического состояния оборудования и поиск причин неисправностей и отказов. От успеха этой процедуры зависят сроки восстановительных работ. Информация, получаемая с помощью средств технической диагностики, позволяет оценивать техническое состояние системы (дизеля, отдельных его элементов) и на этой основе своевременно осуществлять необходимые регулировочные работы, что, в свою очередь, не только способствует повышению её надёжности, но и позволяет поддерживать на высоком уровне технико-экономические показатели её работы.

Конкуренция на современном фрахтовом рынке вынуждает судоходные компании искать пути сокращения эксплуатационных и непроизводительных расходов, в том числе за счёт сокращения численности судовых экипажей и береговых служб. Поэтому наблюдается тенденция к тому, что сбор и анализ информации об условиях работы и эксплуатационной надёжности судовых технических средств (СТС) сосредотачивается на заводах-изготовителях. Такое дробление информации об опыте эксплуатации СЭУ конкретных судов по заводам-изготовителям снижает эффективность её использования. Переход на обслуживание судов сокращёнными сменными экипажами (в отличие от закреплённых) также приводит к частичной потере информации об особенностях эксплуатации СЭУ. С ростом степени автоматизации СЭУ неизбежно дальнейшее увеличение объёма информации, поступающей к оператору, которое может быть не эффективно без отбора оптимального объёма информации, рациональной организации процесса контроля и использования информационных технологий при выборе решения.

Основными документами, регламентиру-

ющими контроль ТС, являются, как известно, инструкции по эксплуатации. В большинстве инструкций приводятся сведения относительно значений контролируемых параметров, необходимой точности и периодичности контроля, области работоспособности ГД, простейших алгоритмов обработки информации. Параметры ГД традиционно применяемые для контроля его функционирования, всегда использовались обслуживающим персоналом для поиска места отказа и устранения причин его появления. Однако опыт эксплуатации показывает, что информации, получаемой в результате наблюдений только за этими параметрами, оказывается недостаточно для целей диагностирования. Причиной этого является необходимость наличия более подробных данных о состоянии ГД для целей диагностирования. Кроме того, существует принципиальное различие в оценке значимости параметров функционирования и технического состояния. Для процесса контроля важность определяется такими свойствами параметра, как его информативность и зависимость от показателей эффективности. Для диагностирования особенно важными являются те параметры, которые дают наиболее полную информацию о появлении неисправности.

Существенное влияние на объём информации, поступающей к обслуживающему персоналу, оказывает область изменения значений параметров. Обычно с увеличением точности измерения растёт количество информации. Следовательно, для систем контроля и технического диагностирования необходимо исследование допустимого диапазона значений параметров.

В процессах управления различают два основных вида контроля: оперативный и аварийный. В задачу оперативного контроля входит получение информации, необходимой для поддержания на определённом уровне параметров ГД с помощью управляющих воздействий регулирующего характера. Точность поддержания значений параметров зависит от требований, предъявляемых к обобщённым показателям работы. В задачу аварийного контроля входит получение информации, необходимой для определения состояния ГД, требующего управляющих воздействий защитного характера. Сигналом для этого служит превышение параметром некоторого допустимого предела. То же можно сказать и в отношении диагностирования, в задачу которого входит определение степени работоспособности СТС. В том и другом случае необходимо исследовать область работоспособности СТС. По-

следнюю можно определить, как область изменения параметров, ограниченную предельными значениями, в которой объект является работоспособным и не достигает своего аварийного состояния. Критерием для определения границ области работоспособности является заданная вероятность безотказной работы при определённом ресурсе оборудования.

В тесной связи с оценкой области изменения значений параметров находится определение периодичности контроля и диагностирования. На периодичность получения информации решающее влияние оказывает скорость протекания процессов в элементах ГД. Определение оптимальной периодичности зависит от соотношения ширины области работоспособности и скорости изменения параметра. Таким образом, для определения области изменений параметров необходимо оценить допустимую погрешность измерения параметров оперативного контроля; определить границы области работоспособности для параметров аварийного контроля и диагностических; установить допустимую периодичность измерения. Решение этих задач направлено на получение необходимого и достаточного объёма информации о функционировании и состоянии технических средств, входящих в состав ГД [9] - [11].

В настоящее время уже разработаны алгоритмы по переработке исходной информации для отдельных видов оборудования СЭУ. Анализ содержания алгоритмов показывает, что по крайней мере, для основного оборудования они должны решать следующий круг задач: обработка информации; расчёты обобщённых показателей; анализ диагностических моделей; анализ состояния, поиск и обнаружение причин отказов; автоматизация процедур поддержки принятия решений; прогнозирование технического состояния. Для обеспечения возможности реализации алгоритмов каждый из них должен включать в себя входную информацию, содержание и описание последовательности операций, выходную информацию и формы её представления оператору.

Система поддержки принятия решений (СППР). Реализация судовыми информационными системами различных алгоритмов контроля в единой системе измерений требует представления информации в виде комплексной информационной модели. Под последней будем понимать совокупность представляемых оператору результатов прямых и косвенных измерений, необходимый объём и качество которых определяются глубиной и целями контроля обо-

рудования на различных режимах эксплуатации. При разработке информационной модели можно выделить следующие этапы:

- выявление предельно-допустимых значений параметров, контроль которых обеспечивает безопасность эксплуатации элементов двигателя;
- выбор для контроля реакции объекта на управляющие воздействия параметров, качественно определяющих состояние оборудования;
- определение номинальных значений параметров элементов ГД на различных режимах работы, выявление симптомов неисправностей – с целью контроля и прогнозирования состояния оборудования;
- определение физических взаимосвязей параметров ГД на различных режимах работы с целью контроля состояния измерительных каналов.

Каждый из указанных этапов связан с разработкой алгоритмов контроля определённого функционального класса и выдвигает специфические требования к объёму и качеству измерений. Как правило, один контролируемый параметр может одновременно обеспечивать различные аспекты контроля.

С совершенствованием систем автоматизации СТС, программно-аппаратных комплексов диагностики – становятся эффективным инструментом отслеживания технического состояния СЭУ. Для получения дополнительной диагностической информации об объекте применяются специальные микропроцессорные программно-аппаратные комплексы с соответствующими датчиками. В качестве примера можно привести зарубежные стационарные и портативные системы для контроля рабочего процесса и процессов топливоподачи судовых дизелей: «AutronikaNK-100 (200)» («Kongsberg Maritime», Норвегия), «PMISystemPressureAnalyzer» («MAN Diesel & Turbo», Германия), «Malin 6000» («Malin Instruments Ltd», Англия), «DK-20 PortableCylinderPressureAnalyser» («IconResearchLtd», Великобритания), «LemagPremet» («Motor-Services Hugo Stamp, Inc.», США) и другие. Применение таких комплексов позволило свести процесс индицирования и расчёта мощности дизельного двигателя к простым и быстро выполняемым процедурам, значительно повысилась точность, информативность и наглядность результатов, появилась возможность диагностики и оценки процесса топливоподачи, а также при соответствующем оснащении ГД – постоянно контролировать состояние поршневых колец. Кроме этого информацию можно накапливать в практически неограниченном объёме, не теряя возможности

быстрого поиска и обращения ко всем данным. По результатам измерения одного или нескольких рабочих циклов на дисплей в качестве выходной информации механик получает развернутую индикаторную диаграмму и диаграмму впрыска топлива, результаты индицирования и

расчетные параметры в табличном отчете. На рис. 1 представлены результаты индицирования главного двигателя 5S60MC-C с помощью микропроцессорной системы «Autronika NK-200», а в табл. 1 – основной табличный отчет и обозначения контролируемых параметров.

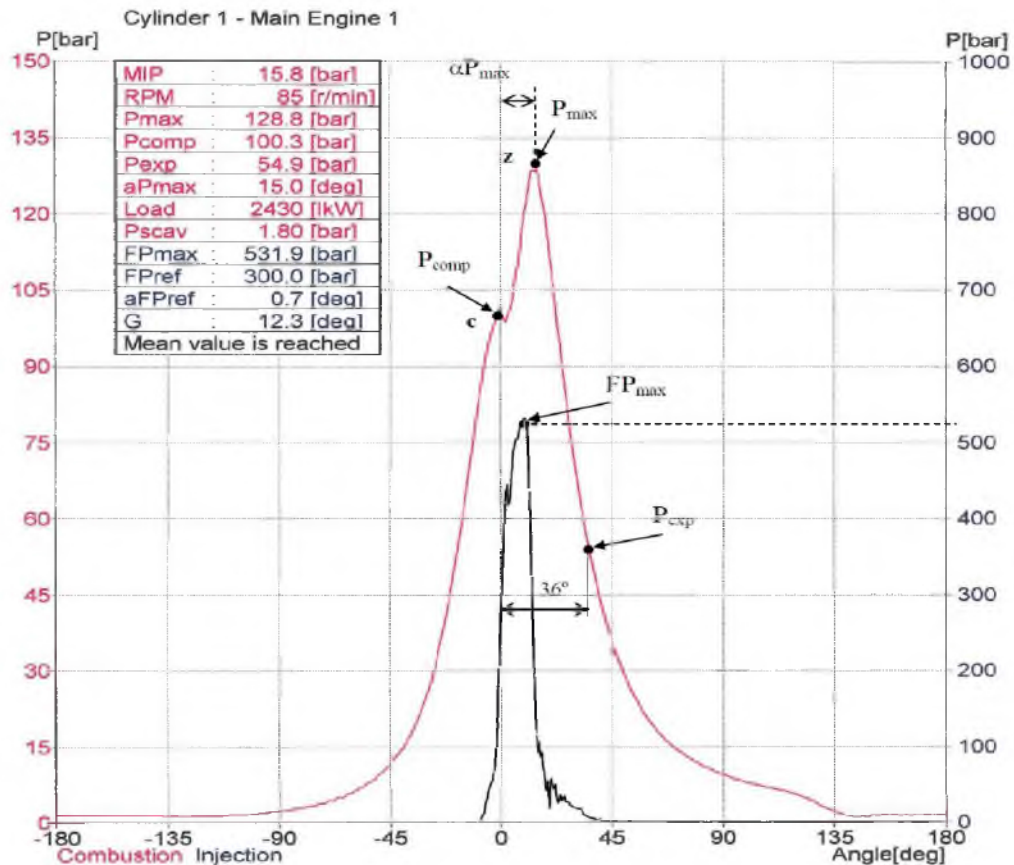


Рисунок 1 –Индикаторная диаграмма диаграммы топлива подачи параметрами по первому цилиндру

Таблица 1 – Основной табличный отчет системы «Autronika NK-200»

Обозначение параметра	Наименование параметра	Цилиндр					Среднее
		1	2	3	4	5	
MIP [бар]	Среднее индикаторное давление	15,8	15,8	16,2	15,9	16,0	16,0
RPM [об/ мин]	Частота вращения	85	85	85	85	85	85
p _{max} [бар]	Максимальное давление в цилиндре	128,8	128,8	130,5	128,2	129,5	129,2
p _{comp} [бар]	Давление в конце сжатия	100,3	100,5	100,2	100,9	102,1	100,8
p _{exp} [бар]	Давление на линии расширения при 36° за ВМТ	54,9	54,8	55,7	55,3	55,8	55,3
α _{Pmax} [град]	Угол от ВМТ до точки z	78,0	79,0	79,0	80,0	81,0	79,4
p _{scav} [бар]	Давление надвучного воздуха (в ресивере)	1,80	1,81	1,83	1,89	1,88	1,84
Fr _{max} [бар]	Максимальное давление в топливном проводе высокого давления	531,9	540,2	553,3	561,0	552,1	547,7
t _г [° C]	Температура выпускных газов	294,0	296,0	293,0	294,0	297,0	294,8

На базе комплекса «Autronika NK-100» фирма «Marintek» разработала автоматическую диагностическую систему «ProfDiesel 100» (PD 100), которая обеспечивает сбор и обработку параметров рабочего процесса цилиндров двига-

теля, и идентификацию неисправностей. В настоящее время широкое применение получили комплексы вибродиагностики, которые также используют мощные программные средства, позволяющие с высокой достоверностью определять

состояние СТС без разборки.

В связи с ужесточением международных требований к безопасной эксплуатации судов и предотвращению загрязнений окружающей среды, формирование информационной базы о технической эксплуатации ГД происходит на раз-

личных уровнях (рис. 2): межгосударственном (СОЛАС, МАРПОЛ, МКУБ, ПДНВ), государственном, ведомственном (нормативные и руководящие документы), на уровне судовладельца (приказы, рекомендации) и завода-изготовителя ГД (инструкции).



Рисунок 2 – Структурная схема информационной базы технической эксплуатации главных судовых дизелей

Вместе с тем, при контроле технического состоянием ГД в эксплуатации и во время постановки диагноза обслуживающий персонал вырабатывает решения на основе поступающей информации от контрольно-измерительной аппаратуры или органолептическими методами при несении вахты или выполнении работ по техническому обслуживанию. Обработка и преобразование такой информации в конкретные рекомендации с учётом норм и правил технической эксплуатации ГД и является одной из задач настоящего исследования.

Определяя требования к составу модели ГД, необходимо исходить из многообразия целей и задач их использования, так как математическая модель всегда строится целенаправленно и ориентирована в первую очередь на функции, которые были предусмотрены при её создании. Это определяет границы применимости получаемых моделей и возможности их использования.

Обобщённая модель дизеля устанавливает взаимосвязи между входными и выходными параметрами в виде регрессионных уравнений. Выбор этих параметров должен быть сделан с учётом реальных процессов, происходящих в дизеле, и возможностью постоянного эксплуатационного контроля с помощью штатных КИП, систем централизованного контроля температуры (СЦКТ) и

систем технической диагностики (СТД). Для создания интегральной диагностической модели двигателя на основе системного подхода была разработана структурная блок-схема (рис. 3), учитывающая реальные причинно-следственные взаимосвязи параметров, характеризующие работу отдельных элементов двигателя.

Качественный состав локальных стохастических моделей также определялся, исходя из причинно-следственных взаимосвязей контролируемых параметров. Оценка качества протекания рабочего процесса проводилась для каждого рабочего цилиндра в отдельности после определения параметров топливоподачи:

$$\begin{cases} VIT = f(n) \\ ИТН = f(n, VIT) \\ \varphi_{HH} = f(VIT, ИТН, n) \\ p_f = f(p, ИТН, n) \\ G = f(ИТН, n) \end{cases} \quad (1)$$

Параметры рабочего процесса

$$\begin{cases} p_c = f(p_{int}, n) \\ p_{max} = f(p_c, \varphi_{HH}, p_f, n) \\ \varphi_z = f(\varphi_{HH}, VIT, p_f, n) \\ p_{exp} = f(\varphi_z, p_{max}, n) \\ t_g = f(p_{int}, t_{int}, p_{mi}, n) \\ p_{mi} = f(n, ИТН, p_{int}) \end{cases} \quad (2)$$

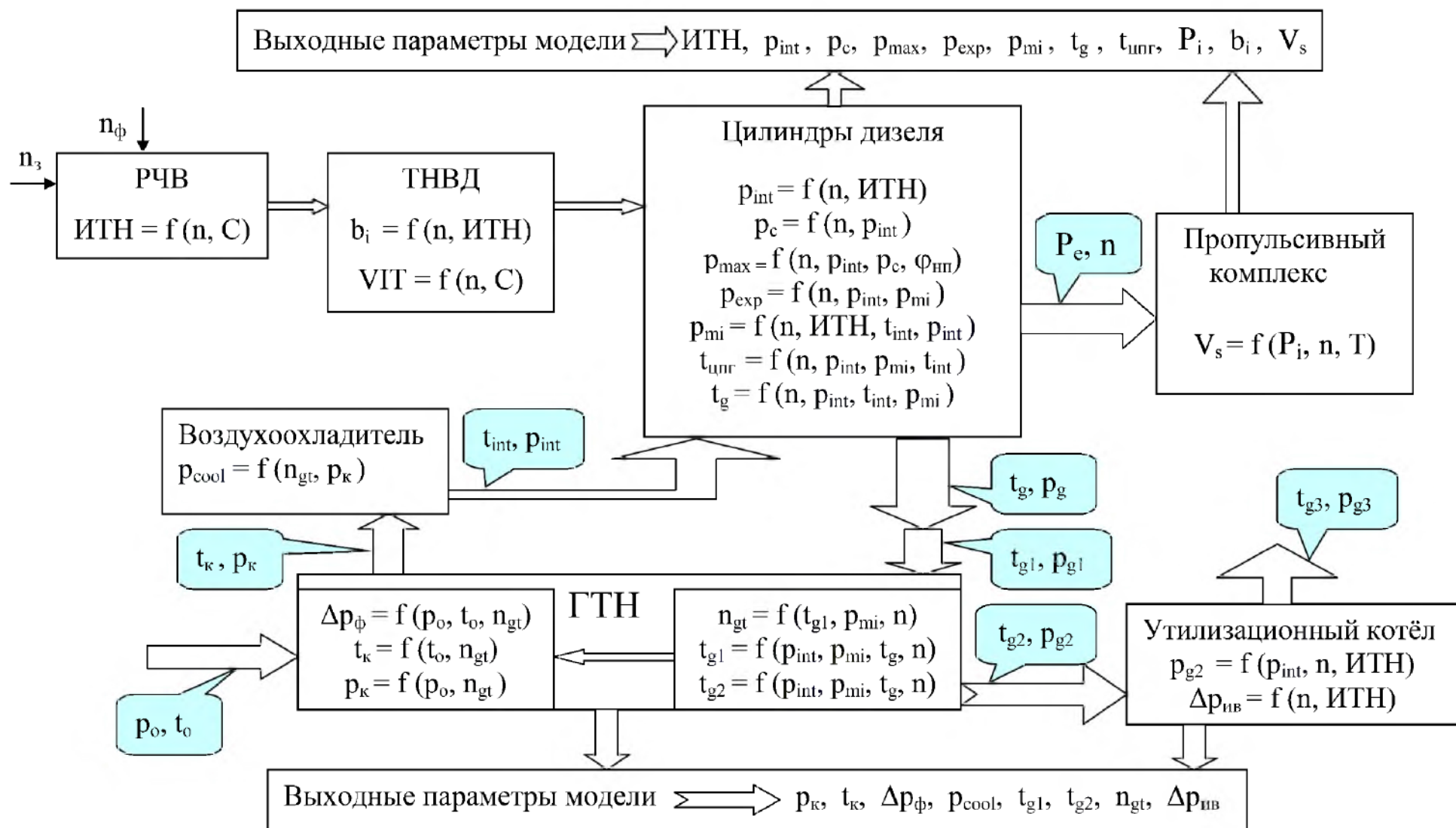


Рисунок 3 – Структурная схема интегральной модели дизеля

При работе двигателя по винтовой характеристике оценка теплового состояния деталей камеры сгорания производилась по моделям:

$$\begin{cases} t_{\text{ц}} = f_1(p_{\text{mi}}, p_{\text{int}}, t_{\text{int}}, n) \\ t_{\text{тп}} = f_2(p_{\text{mi}}, p_{\text{int}}, t_{\text{int}}, n) \\ t_{\text{вт}} = f_3(p_{\text{mi}}, p_{\text{int}}, t_{\text{int}}, n) \\ t_{\text{кр}} = f_4(p_{\text{mi}}, p_{\text{int}}, t_{\text{int}}, n) \end{cases} \quad (3)$$

Модели агрегатов наддува:

$$\begin{cases} n_{\text{gt}} = f(p_i^{\text{ар}}, n) \\ p_{\text{int}} = f(n_{\text{gt}}, t_{\text{int}}) \end{cases} \quad (4)$$

После определения коэффициентов регрессионных полиномов и проверки качества полученных моделей по статистическим критериям подобные локальные модели могут использоваться как самостоятельно, так и совместно в составе интегральной модели дизеля [12] - [15].

Информационно-вычислительная система главного двигателя. Информационно-вычислительная система (ИВС) ГД обеспечивает выполнение следующих функций: формирование баз данных, сбор и обработка данных, ретроспективный анализ информации о техническом состоянии ГД; обеспечивает интерфейс с оператором, математическую обработку результатов измерений и информационную поддержку при принятии решений. При разработке ИВС ГД можно выделить две основные проблемы: формирование информационной базы для непрерывного контроля диагностических параметров во время эксплуатации и алгоритмическое обеспечение задач технической эксплуатации. На рис. 4 представлена схема структуры ИВС ГД, где $Y = (y_1, y_2, \dots, y_k)$ – выходные параметры ГД, характеризующие его состояние, $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ – воздействия технического обслуживания (управления, диагностики, прогнозирования, учёта и контроля).

Подсистема получения информации представляет собой информационно-измерительную систему, которая осуществляет по заданной программе коммутацию измерительных каналов, преобразование сигналов, снимаемых с датчиков, в унифицированный сигнал и первичную обработку данных. Датчики и подсистема получения информации аппаратно и программно объединены блоком сопряжения датчиков с ИВС.

Предметом внимания всех фирм разработчиков СТД ГД остаются датчики и в первую очередь датчики контроля температур и высоких давлений. Ресурс датчиков давления индикаторного процесса дизеля составляет до 5 тыс. ч. Технологические сложности возникают при монтаже датчиков в узлах ЦПГ, на крышке и втулке цилиндров. Особое внимание уделяется разработкам конструкций, позволяющим без разборки

дизеля менять чувствительные элементы датчика при выходе их из строя.

Объём и способы получения измерительной информации о техническом состоянии и режимах функционирования ГД должны выбираться в зависимости от их типа и конструктивных особенностей. Однако обеспечение контролепригодности должно рассматриваться как важнейший вопрос, а места для установки датчиков должны закладываться в конструкцию ГД при его разработке из условия целесообразности контроля того или иного параметра для обеспечения надёжности и эффективности функционирования объекта.

Подсистема оценки технического состояния определяет степень работоспособности двигателя по ряду интегральных показателей (мощность, износ, расход сред). Для ограничено работоспособного объекта подсистема поиска неисправностей решает задачу идентификации неисправности, предотвращение внезапных и прогнозирование постепенных отказов. Подсистема выбора режима обеспечивает поддержку принятия решения по назначению допустимого режима эксплуатации ГД с максимальным коэффициентом использования мощности. Подсистемы прогнозирования состояния и определения объёмов технического обслуживания оценивают целесообразность проведения восстановительных работ, а также оптимальный вариант очередности проведения ТО или ремонта. Тренаж позволяет обеспечить отработку навыков оператора по эксплуатации ГД и поддерживать уровень профессиональной подготовки обслуживающего персонала. Во всех подсистемах создаётся своя база данных, математические модели, алгоритмическое и программное обеспечение.

Ключевое место в системе информационного обеспечения технической эксплуатации ГД занимает использование эталонных и текущих моделей. Разработанная программа расчёта стохастической интегральной модели судового дизеля и импульсивного комплекса позволяет перейти к предметному рассмотрению возможностей решения задач технической эксплуатации ГД на базе информационных технологий. Реализация разработанных информационных технологий поддержки принятия решений в задачах технической эксплуатации ГД позволяет организовать взаимодействие оператора и ИВС; выработка решения производится в результате интеграционного процесса, в котором принимает участие: система поддержки принятия решений, объект управления и оператор, как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат.

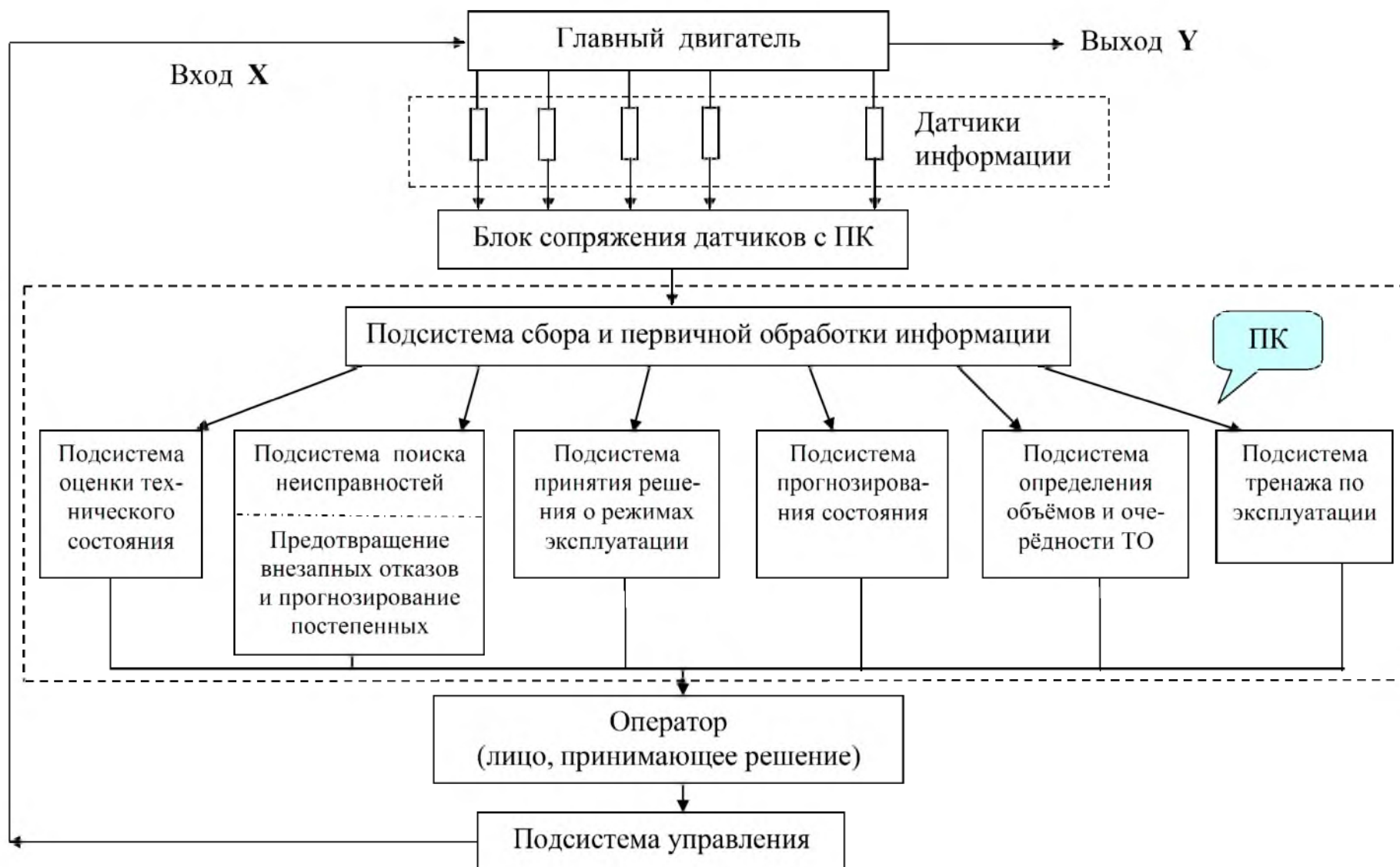


Рисунок 4 – Структурная схема информационной системы главного судового двигателя

Таким образом, формирование информационной базы и разработка информационных технологий для решения задач технической эксплуатации ГД работающего в составе пропульсивного комплекса крупнотоннажных судов требуют системного комплексного подхода [16].

Разработка алгоритмов и программного обеспечения СППР. Представленные алгоритмы решения задач технической эксплуатации ГД реализованы в интегрированном пакете прикладных программ «Дизель эксперт» на языке программирования Delphi.

Данный программный пакет предназначен для использования на бортовом компьютере непосредственно в условиях эксплуатации ГД 6S50MC т/х «Тамбов» и обеспечивает математическую обработку результатов измерений, ретроспективный анализ информации, интерактивный режим, интегрированность с другими программными продуктами, гибкость процесса изменения, как данных, так и процедур представления информации для отчётных документов. В результате оператор получает информационную поддержку и рекомендации при решении поставленных основных задач технической эксплуатации ГД, что позволяет принимать эти решения обоснованно [17].

Оценка технического состояния ГД и идентификация неисправностей. Создание базы данных эталонных и текущих диагностических моделей в информационной среде технической эксплуатации ГД позволяет формализовать процедуры информационной поддержки оператора при оценке технического состояния ГД по контролируемым параметрам. Поскольку контролируемые параметры, как правило, зависят от режима работы двигателя и внешних условий пла-

вания, то расчёт по текущим диагностическим моделям позволяет определить эталонные значения параметров при тех же условиях. При этом величина отклонений режимных значений от расчётных по моделям будет количественно характеризовать изменение технического состояния дизеля и его систем. Нарастающее отклонение фактического значения контролируемого параметра от его расчётного текущего значения должно рассматриваться, как развитие признака ухудшения технического состояния и может быть выявлено задолго до достижения контролируемым параметром предельного значения, при котором предусматривается срабатывание аварийно-предупредительной сигнализации (АПС).

Разработанный интерфейс СППР «Дизель эксперт» обеспечивает поддержку принятия решений по оценке технического состояния ГД за счёт наглядного представления на экране монитора изменения диагностических параметров в виде графиков, таблиц и текстовых сообщений. Для идентификации неисправностей отдельных цилиндров ГД 6S50MC разработана диагностическая матрица (табл. 2 и 3) и алгоритм, в соответствии с которым значения контролируемых параметров КП отдельных цилиндров сравниваются с их средним арифметическим KP_i^{CP} . Признак неисправности отдельного цилиндра двигателя будет иметь место, если хотя бы одно отклонение параметра превышает установленные допустимые пределы. Идентификация неисправности производится по соответствующему набору признаков. Оператору выдаётся графическое отображение отклонений параметров по цилиндрам и текстовое сообщение о вероятной неисправности (рис. 5).

Таблица 2 – Идентификация неисправностей работы двигателя по контролируемым параметрам

№ пп	Параметр	Условное обозначение отклонения параметра от среднего							
		Цилиндр перегружен	Цилиндр недогружен	Неисправность топливной аппаратуры	Потеря плотности цилиндра	Прогорание выпускного клапана	Плохое распыливание топлива	Подача топлива	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	p_{mi}	+	—	—	0 или —	0 или —	0	0 или +	0 или —
2	p_{mi}	0 или +	0 или —	0	0	0 или —	0	0	0
3	p_c	0 или +	0 или —	0	—	—	—	—	0
4	p_{max}	0	0 или —	—	0 или —	—	—	+	—
5	$p_{окр}$	+	—	+	0	0	0	—	+
6	α_{pmax}	0	0	0 или +	0 или +	0	0	—	+
7	p_1	0	0	—	0	0	—	0	0
8	p_{11}	0	0	0	0	0	0 или —	0	0
9	$\phi_{нп}$	0	0	0	0	0	0	+	—
10	G	+	—	0	0	0	0	0	0
11	t_g	+	—	0 или +	0	+	+	—	+
12	P_1	+	—	0 или —	0 или —	0 или —	0 или —	0 или +	0 или —
13	b_c	+	—	+	+	+	+	0 или —	+
14	p_{max} / p_c	0	0	0 или —	0	0	0	+	—

(+), (0), (—) - отклонение параметра от среднего значения по цилиндрам соответственно выше нормы, в норме, ниже нормы.

Таблица 3 – Идентификация неисправностей работы двигателя по контролируемым параметрам

№ лп	Параметр	Условное обозначение отклонения параметра от среднего					Оценка качества сгорания	
		Загрязнение фильтра компрессора ГТН	Загрязнение газозвдушного тракта	Загрязнение воздухоохладителя	Предзадириное состояние цилиндра	Перегрев крепикопфных подшипников	хорошее	плохое
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	p_{mi}	0 или –	0 или –	0 или –	0	0	0	0
2	p_{mi}	–	–	–	–	0	0	0
3	p_c	–	–	–	–	0	0	0
4	p_{max}	–	–	–	–	0	0	– или +
5	$\alpha_{p_{max}}$	0	0	0	0	0	0	– или +
6	p_t	0	0	0	0	0	0	0
7	$\varphi_{нип}$	0	0	0	0	0	0	– или +
8	G	0	0	0	0	0	0	– или +
9	t_g	+	+	+	+	0	0	– или +
10	P_t	0 или –	0 или –	0 или –	0	0	0	0 или –
11	b_c	+	+	+	+	0	0	+
12	p_{max}/p_c	0	0	0	0	0	0	0 или –
13	$\Delta p_{ф}$	+	0	0	0	0	0	0
14	$\Delta p_{во}$	0	0	+	0	0	0	0
15	$t_{тр}, t_f$	0	0	0	0 или +	0	0	0 или +
16	$\Delta t_{тр}/\Delta t$	0	0	0	≥ 15 °C/мин	0	0	0
17	$t_{ки}$	0	0	0	0	> 56 °C	0	0

(+), (0), (–) - отклонение параметра от среднего значения по цилиндрам соответственно выше нормы, в норме, ниже нормы.

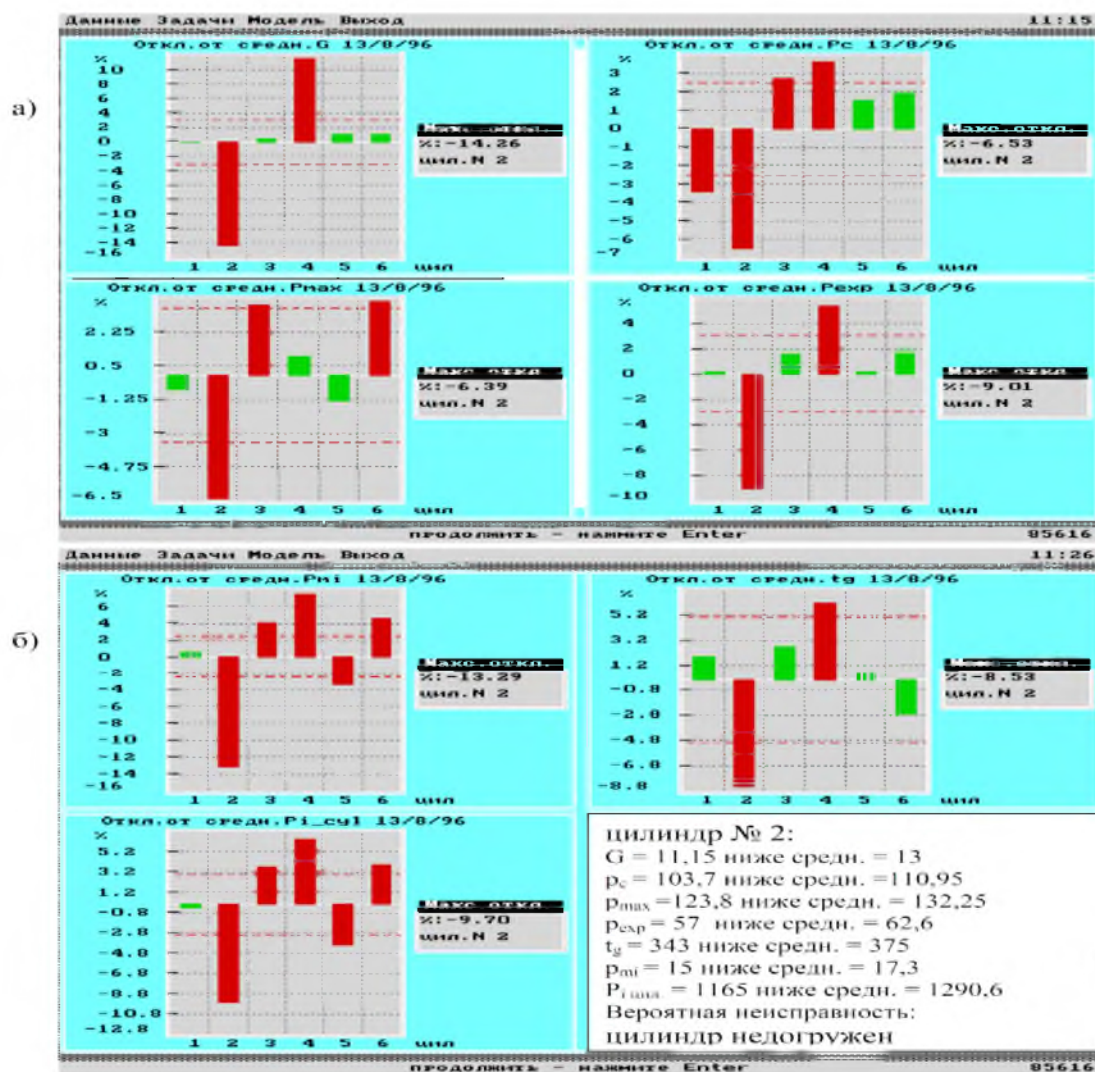


Рисунок 5 – Вид экрана монитора с отклонениями параметров и информационным сообщением при недогруженном цилиндре № 2

Формализация процедур по предотвращению внезапных и прогнозированию постепенных отказов. Для предотвращения внезапных отказов СТС традиционно применяется АПС, предупреждающая обслуживающий персонал о достижении контролируемым параметром предельно допустимой величины. Главные судовые дизели также имеют автоматическую защиту по некоторым контролируемым параметрам, при достижении аварийных значений которых дизель автоматически останавливается («Shutdown») или переводится на менее напряжённый режим («Slow-

down»). Поэтому для своевременного предотвращения отказа необходимо обоснованно выбрать величину уставки контролируемого параметра. Статистическая обработка измеренных значений контролируемых параметров и использование в АПС их фактических или режимных значений позволяет снизить влияние случайных (одиночных) выходов контролируемого параметра за уставку. Для параметров, не зависящих от режима работы двигателя, алгоритм предотвращения внезапного отказа может быть представлен структурной схемой на рис. 6.

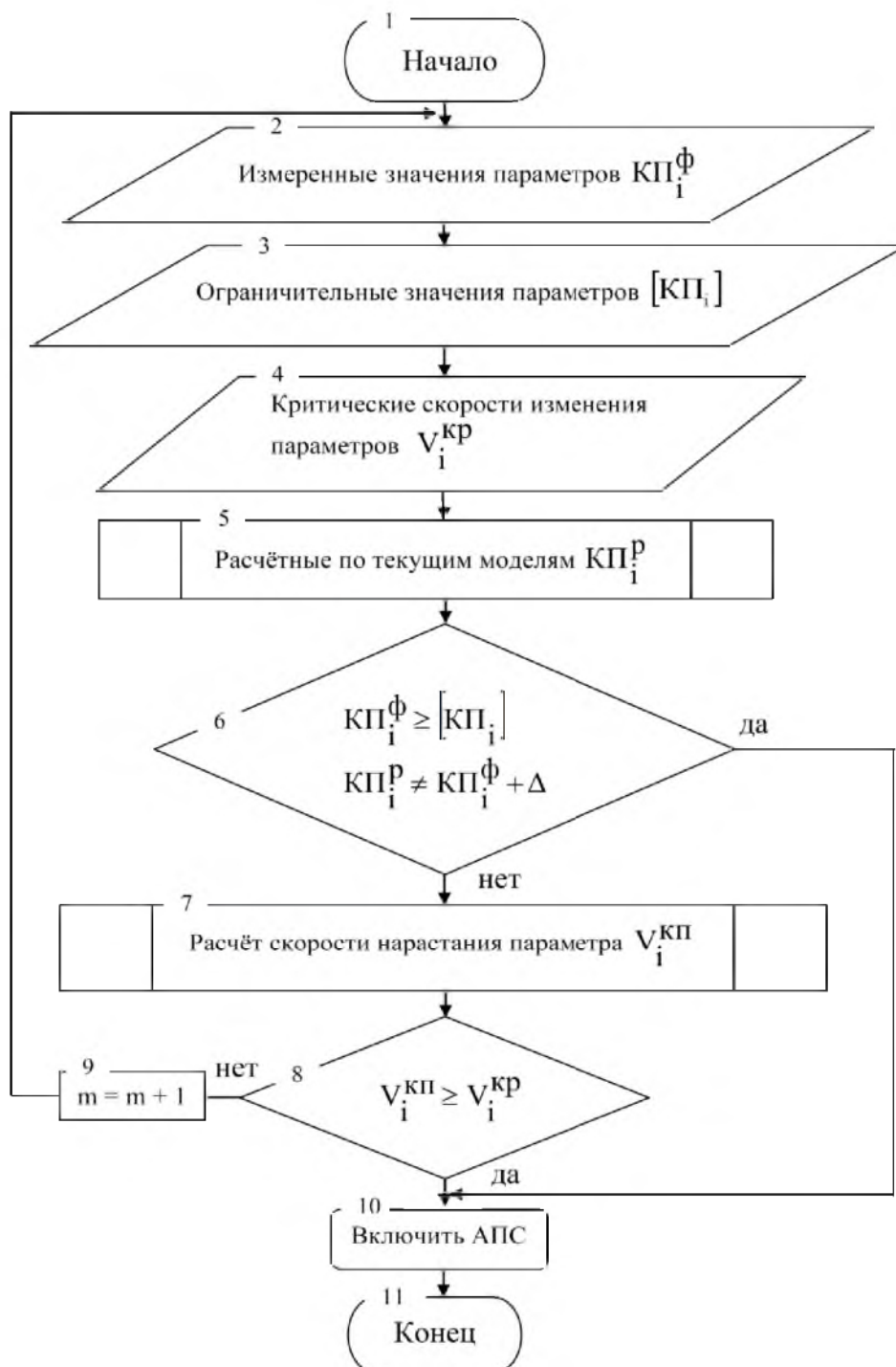


Рисунок 6 – Структурная схема алгоритма предотвращения внезапных отказов

Из этой схемы следует, что распознавание внезапного отказа и включение АПС обеспечивается при превышении контролируемым параметром уставки с учётом доверительных интервалов фактических и ограничительных значений (Δ^{Φ} и $\Delta^{[КП]}$), а также при достижении критической скорости нарастания параметра. Таким образом, включение АПС будет свидетельствовать о быстром ухудшении технического состояния двигателя.

Представленный алгоритм был реализован при испытаниях СЦКТ крейцкопфных подшипников. Так, при приработке подшипника, проводившейся по типовой программе обкатки, после перевода двигателя на режим $0,75 \cdot P_{\text{ен}}$ и работы на нём в течение 10 мин было обнаружено резкое повышение температуры слоя заливки до 75°C . Следует отметить, что резкое повышение температуры антифрикционного слоя возникает всегда, когда условия трения пары баббит-цапфа значительно ухудшаются (например, при ухудшении состояния поверхности цапф, при появлении механических примесей в масляном слое и т.д.). Известны случаи, когда по этим причинам температура в процессе приработки повышалась до 120°C и выше.

После остановки двигателя и ревизии подшипников на обеих нижних половинах были обнаружены натирки, расположенные в центральной части подшипника на сторонах, обращённых к штоку. При этом температура масла на выходе из подшипника на повышение температуры слоя заливки практически не реагировала. Это наблюдение очень важно, так как на многих судах установлены для контроля температурного состояния подшипников устройства фирмы «Autronika». Их действие основано на измерении температуры масла, которое вытекает из подшипника и попадает в специальные карманы, снабжённые термopарами. Видимо, такие устройства не могут обнаружить повреждение на ранней стадии ввиду большого расхода масла через зазоры подшипника. Рассматривая процедуру принятия решения по предотвращению отказа в этом случае можно отметить полное соответствие предложенному алгоритму.

Если контролируемый параметр зависит от режима работы двигателя, алгоритм, представленный на рис. 6, также обеспечивает предотвращение внезапного отказа. Однако в этом случае необходимо дополнительно предусматривать сравнение каждого очередного значения контролируемого параметра с расчётным по текущей модели. Фактически это означает

переход от систем АПС к системам технического диагностирования, а контролируемый параметр приобретает новое качество и становится диагностическим (ДП).

Так как текущая модель в каждый момент времени остаётся адекватной объекту диагностического контроля, то отличие фактического значения ДП^{Φ} от расчётного в пределах погрешностей можно считать признаком нормальной работы. Если же разница $|\text{ДП}^{\Phi} - \text{ДП}^{\text{P}}|$ больше погрешности оценки этих величин и растёт от замера к замеру, т.е.

$$|\text{ДП}_{i-1}^{\Phi} - \text{ДП}_{i-1}^{\text{P}}| < |\text{ДП}_i^{\Phi} - \text{ДП}_i^{\text{P}}| < |\text{ДП}_{i+1}^{\Phi} - \text{ДП}_{i+1}^{\text{P}}|, \quad (5)$$

то такое нарастающее рассогласование модели с объектом диагностирования должно рассматриваться как признак возникающей неисправности задолго до того, как ДП^{Φ} превысит уставку. В этом случае можно считать, что отказ вызван режимными факторами.

Для своевременного распознавания внезапного отказа очень важно определить наиболее информативный (для данного отказа) параметр и обеспечить постоянный его контроль. Из анализа термограмм, полученных с помощью СЦКТ поршней, следует, что предупреждение предвздирного состояния ЦПГ на ранней стадии возможно, как по повышению температуры тронка поршня, так и по критической скорости нарастания температуры.

Структурная схема алгоритма прогнозирования постепенного отказа, когда оценка технического состояния объекта производится по диагностическому параметру, не зависящему от режима работы представлена на рис. 7.

В этом случае, за эталонное значение диагностического параметра принимается его фактическое значение, полученное при нормальном техническом состоянии ГД, а за количественную характеристику изменения технического состояния принято отклонение $\Delta \text{ДП}_i$ наблюдаемого фактического значения ДП_i^{Φ} от эталонного $\text{ДП}_i^{\text{ЭТ}}$. Величина отклонения $\Delta \text{ДП}_i$ проверяется на значимость по отношению к погрешности ϵ и в процессе эксплуатации ГД производится накопление выборки $\Delta \text{ДП}_i$ достаточного объёма. Аппроксимация данного временного ряда регрессионным полиномом позволяет получить модель тренда диагностического параметра [18].

Реализация алгоритма прогнозирования постепенного отказа предполагает выполнение следующих условий: процесс изменения технического состояния объекта происходит монотонно; модель тренда диагностического параметра должна допускать удовлетворительную по точности экстраполя-

цию; должно быть известно предельное значение диагностического параметра $[ДП]$. После вычисления по модели прогнозируемого значения $ДП_{i+1}^{пр}$ и срав-

нения с предельным $[ДП]$ производится оценка остаточного ресурса.

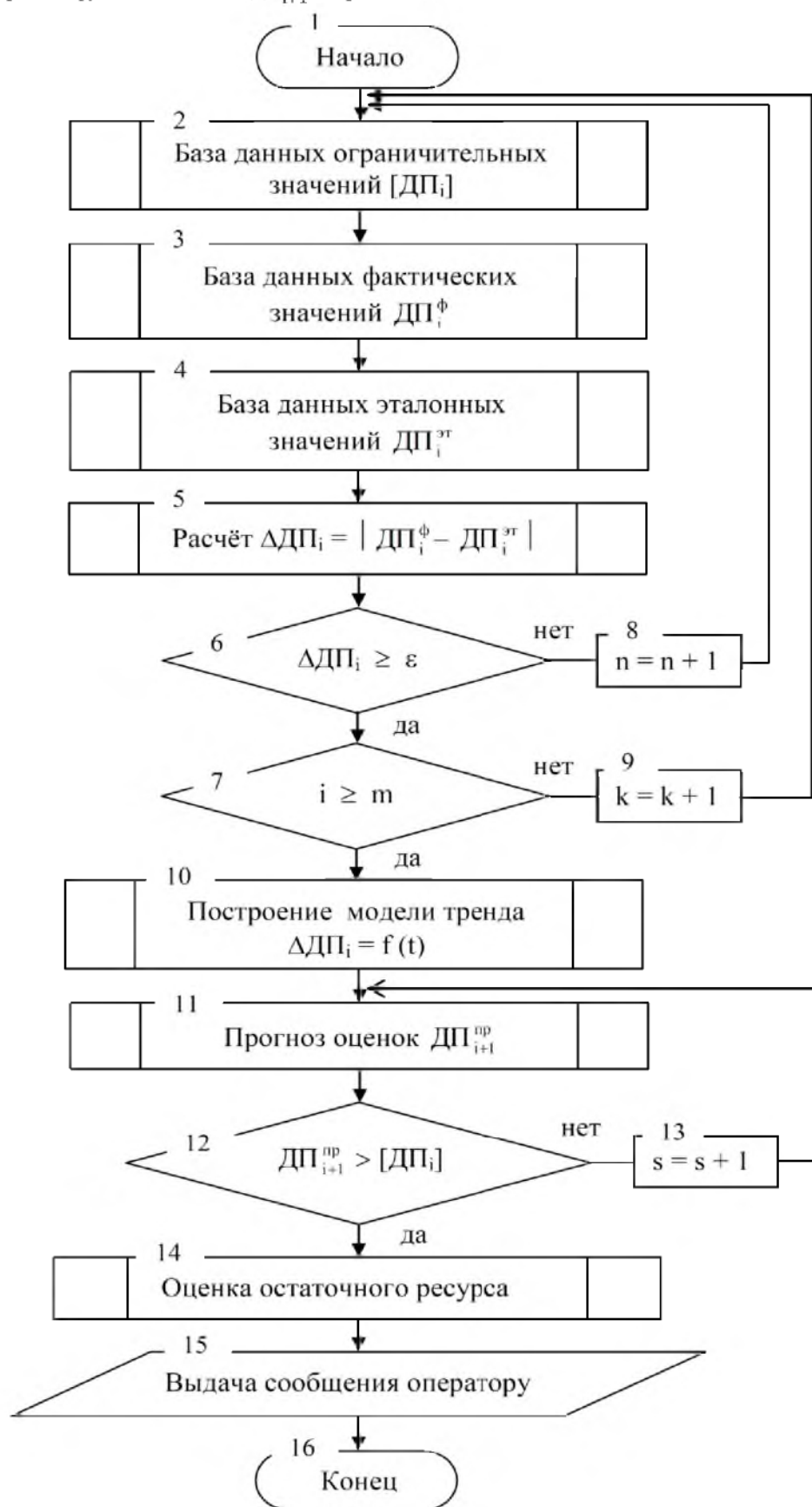


Рисунок 7 – Структурная схема алгоритма прогнозирования постепенного отказа при независимости диагностического параметра от режима работы ГД

Особенности эксплуатации пропульсивного комплекса. Анализ опыт эксплуатации танкерного флота «СКФ Новошип» показывает, что ГД после 10...12 лет эксплуатации попадает в условия, в которых при проектной скорости хода принятого запаса мощности ГД оказывается недостаточно (в том числе и с правильно подобранным гребным винтом). Дополнительная действующая на ГД нагрузка, не устранимая докованием, вызвана увеличением сопротивления движению судна из-за гофрировки, приобретённой обшивкой корпуса, деформацией и шероховатостью лопастей гребного винта. По этим причинам дальнейшая эксплуатация судна с плановой скоростью движения сопровождается постепенным перемещением рабочей точки режима в зону «тяжёлых» винтовых характеристик, что

связано с ростом напряжённости ГД, снижением запаса прочности и, как следствие, выходом из строя деталей ЦПГ, увеличением расхода топлива, ухудшением большинства показателей эффективности работы СЭУ и судна в целом.

Анализ затрат на техническое обслуживание и ремонт главных двигателей судов «СКФ Новошип» показывает, что в первые годы эксплуатации расходы на эти цели относительно низки, но после 10...12 лет – существенно возрастают в связи с необходимостью замены дорогостоящих деталей ЦПГ (цилиндровые втулки, поршни и т.д.). Эти данные подтверждаются фирмой «MAN Diesel & Turbo». На рис. 8 показаны затраты на техническое обслуживание и ремонт ГД 7К80МС-С ($P_{ен} = 23660$ кВт, $n_n = 103$ мин⁻¹).

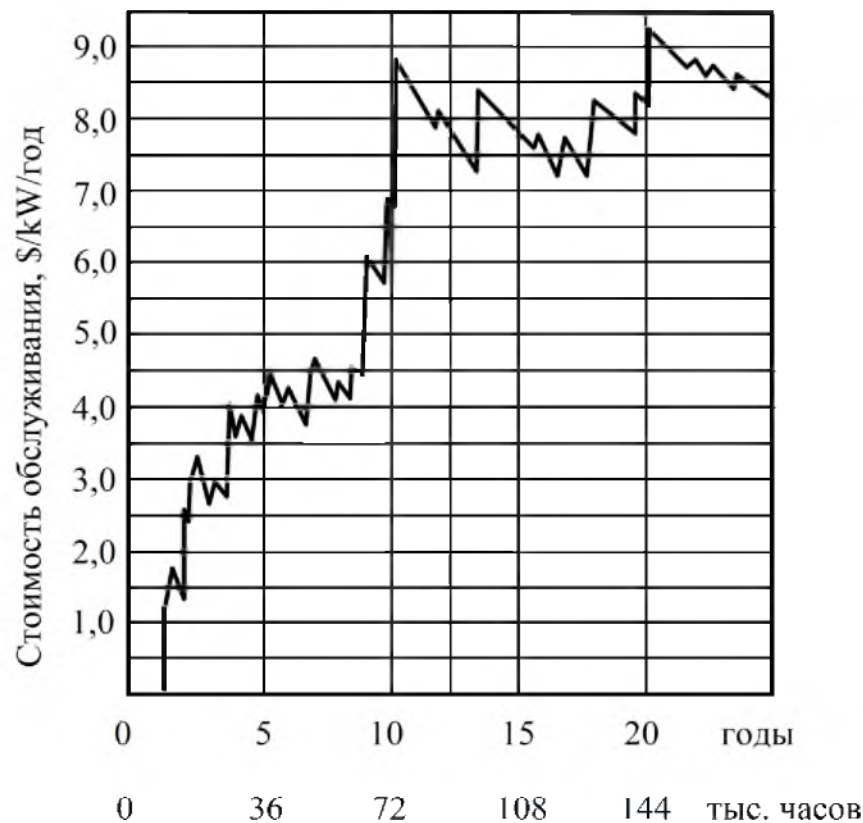


Рисунок 8 – Изменение затрат на обслуживание ГД в процессе эксплуатации

Выявить ухудшение технического состояния корпуса судна, например, от обрастания можно по увеличению расхода топлива на милю пройденного пути и по соответствующему росту топливной составляющей эксплуатационных расходов. Поэтому вопрос о сроках очередного докования должен решаться на основе расчёта среднесуточной прибыли и более глубокого экономического обоснования.

Заключение. На основании проведённых исследований получены следующие результаты:

1. Разработанные информационные техно-

логии поддержки принятия решений в задачах технической эксплуатации ГД определяют организацию эволюции данных при выработке решения, осуществляемой в результате интеграционного процесса, в котором задействованы: СППР, объект управления и оператор как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат.

2. В СППР структура организации информационной системы и алгоритмы решения задач технической эксплуатации ГД реализованы в разработанном пакете прикладных программ

«Дизель эксперт», который предназначен для использования непосредственно в условиях эксплуатации ГД 6S50MC т/х «Тамбов» и обеспечивает интерактивный режим работы с компьютером, интегрированность с другими программными средствами, гибкость процесса изменения как данных, так и процедур решения задач.

3. В результате реализации в пакете прикладных программ «Дизель эксперт» эталонных и текущих математических моделей, диагностико-прогнозирующих процедур, оператор получает на экране монитора таблицы, графики трендов диагностических параметров и текстовые сообщения, что обеспечивает поддержку принятия решений в следующих задачах технической эксплуатации ГД: оценка текущего технического состояния и идентификация неисправностей по контролируемым параметрам, предотвращение внезапных и прогнозирование постепенных отказов, определение междоковых и межремонтных периодов.

Полученные результаты могут быть практически использованы как в процессе эксплуатации главных судовых МОД традиционной конструкции с распределительным валом, так и для двигателей нового поколения серий SME-C и RT-flex (без распределительного вала).

Литература

1. Астреин В.В., Кондратьев С.И., Хекерт Е.В. Алгоритм самоорганизации групп судов для предупреждения столкновений // Эксплуатация морского транспорта. Гос. морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. – Новороссийск. – 2016. – №2. – С. 45-50.
2. Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Принципы построения системы информационной поддержки для принятия решений в аварийных ситуациях // Морские интеллектуальные технологии. – 2009. – №1(3). – С. 48-56.
3. Каракаев А.Б., Луканин А.В., Хекерт Е.В. Основные принципы моделирования и информационной поддержки процессов управления эксплуатацией судовых электроэнергетических систем (часть 2) // Эксплуатация морского транспорта. Гос. морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. – Новороссийск. – 2017. – № 3 (84). – С. 89-99.
4. Епихин А.И. Модуль диагностики двигателя внутреннего сгорания в системе поддержки принятия решений экипажем танкера-газовоза // Вестник Астраханского гос. технического университета. Серия: Морская техника и технология, Астрахань. – 2017. – №4. – С. 31-39.
5. Захаров Г.В. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок. – М.: ТрансЛит, 2009. – 256 с.
6. Корнилов Э.В., Фока А.А., Бойко П.В., Голофастов Э.И. Судовые главные двигатели с электронным управлением. – Одесса, «Экспресс-Реклама», 2010. – 224 с.
7. Живлюк Г. Е., Петров А.П. Эксплуатационные особенности систем топливоподачи Common Rail судовых двигателей // Вестник Гос. университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – СПб. – 2018. – Т. 10. – № 1. – С. 201-220.
8. Полковникова Н.А., Полковников А.К. Гибридная экспертная система на основе вероятностно-детерминированных моделей для главного судового двигателя // Эксплуатация морского транспорта. Гос. морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. – Новороссийск. – 2016. – № 2(79). – С. 78-87.
9. Соловьёв А. В. Принципы формирования компьютерной модели диагностирования технического состояния судовой энергетической установки // Вестник Гос. университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, СПб. – 2018. – №1(47). – С. 238-251.
10. Малиновский М.А., Фока А.А., Ролинский В.И., Вахрамеев Ю.З. Обеспечение надёжности судовых дизелей. – Одесса. ФЕНКС, 2003. – 150 с.
11. Бигус Г.А. Диагностика технических устройств / Г.А. Бигус, Ю.Ф. Даниев, И.А. Быстрова, Д.И. Галкин. – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 615 с.
12. Гузик В.Ф., Кидалов В.И., Самойленко А.П. Статистическая диагностика неравновесных объектов. – СПб.: Судостроение, 2009. – 304 с.
13. Медведев В.В. Применение имитационного моделирования для обеспечения надёжности и безопасности судовых энергетических установок: монография. – СПб.: Страта, 2013. – 352 с.
14. Голоскоков К.П., Чиркова М.Ю. Разработка модели выбора технических средств судовых информационных систем // Вестник Гос. университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, СПб. – 2017. Т. 9. – № 3. – С. 645-654.
15. Полковникова Н.А., Полковников А.К. Модели и алгоритмы системы поддержки принятия решений для главного судового двигателя // Эксплуатация морского транспорта. Гос. морской университет им. адмирала Ф.Ф. Ушакова, Новороссийск. – 2018. – №3 (88). – С. 86-102.
16. Гаврилов В.В., Мащенко В.Ю. Принципы построения иерархического комплекса систем диагностирования судового дизеля // Вестник Гос. университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – СПб. – 2016. – № 3 (37). – С. 155-166.
17. Каретников В.В., Пащенко И.В., Соколов А.И. Перспективы внедрения безэкипажного судоходства на внутренних водных путях Российской Федерации. // Вестник Гос. университета морского и речного флота им. адмирала

- С.О. Макарова, СПб. – 2017. Т. 9. – № 3. – С. 619-627.
18. Равин А.А., Хруцкий О.В. Прогнозирование технического состояния оборудования: монография – Germany, Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014. – 141 с.
19. Каракаев А.Б. Основные принципы моделирования и информационной поддержки процессов управления эксплуатацией судовых электроэнергетических систем. (Часть 2) [Текст] / А.Б. Каракаев, А.В. Луканин, Е.В. Хекерт // Эксплуатация морского транспорта. – 2017. – № 3 (84). – С. 89-99.
20. Хекерт Е.В. Контроль состояния двигателя фирмы "caterpillar" сат 3512 грунтонасосной установки земснаряда по вибрационным параметрам [текст] / Е.В. Хекерт, Н.И. Николаев, В.В. Герасиди // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – Т. 1. – № 1 (39). – С. 100-105.
21. Каракаев А.Б. Основные принципы моделирования и информационной поддержки процессов управления эксплуатацией судовых электроэнергетических систем. (Часть 1) [Текст] / А.Б. Каракаев, А.В. Луканин, Е.В. Хекерт // Эксплуатация морского транспорта. – 2017. – № 2 (83). – С. 114-122..
- References**
1. Astrein V.V., Kondrat'ev S.I., Khekert E.V. Algoritmsamoorganizatsiiigruppsudovdlyapreduprezhdeniyastolknoventiy. Eksploatatsiya morskogo transporta. Gos. morskoy universitet im. admirala F.F. Ushakova, Novorossiysk. – 2016. – №2. – S. 45-50.
 2. Skorokhodov D.A., Starichenkov A.I. Printsipy postroyeniya sistemy informatsionnoy podderzhki dlya prinyatiya resheniy v avariynyykh situatsiyakh. // Morskie intellektual'nye tekhnologii. – 2009. – №1(3). – S. 48-56.
 3. Karakaev A.B., Lukanin A.V., Khekert E.V. Osnovnye printsipy modelirovaniya i informatsionnoy podderzhki protsessov upravleniya eksploatatsiei sudovykh elektroenergeticheskikh sistem (chast' 2). Eksploatatsiya morskogo transporta. Gos. morskoy universitet im. admirala F.F. Ushakova, – Novorossiysk. – 2017. – № 3 (84). – S. 89-99.
 4. Epikhin A.I. Modul' diagnostiki dvigatelya vnutrennego sgoraniya v sisteme podderzhki prinyatiya resheniy ekipazhem tankera-gazovoza. Vestnik Astrakhanskogo gos. tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya, Astrakhan'. – 2017. – №4. – S. 31-39.
 5. Zakharov G.V. Tekhnicheskaya eksploatatsiya sudovykh dizel'nykh ustanovok. M.: TransLit, 2009. – 256 s.
 6. Komilov E.V., Foka A.A., Boyko P.V., Golofastov E.I. Sudovye glavnye dvigateli s elektronnyim upravleniem. – Odessa, «Ekspress-Reklama», 2010. – 224 s.
 7. Zhivlyuk G. E., Petrov A.P. Eksploatatsionnye osobennosti sistem toplivopodachi Common Rail sudovykh dvigateley. Vestnik Gos. universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova, SPb. – 2018. – Т. 10. – № 1. – S. 201-220.
 8. Polkovnikova N.A., Polkovnikov A.K. Gibridnaya ekspertnaya sistema na osnove veroyatnostno-determinirovannykh modeley dlya glavnogo sudovogo dvigatelya. Eksploatatsiya morskogo transporta. Gos. morskoy universitet im. admirala F.F. Ushakova, Novorossiysk. – 2016. – № 2(79). – S. 78-87.
 9. Solov'ev A. V. Printsipy formirovaniya komp'yuternoy modeli diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya sudovoy energeticheskoy ustanovki. Vestnik Gos. universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova, SPb. – 2018. – №1(47). – С. 238-251.
 10. Malinovskiy M.A., Foka A.A., Rolinskiy V.I., Vakhrameev Yu.Z. Obespechenie nadezhnosti sudovykh dizeley. – Odessa. FENIKS, 2003. – 150 s.
 11. Bigus G.A. Diagnostika tekhnicheskikh ustroystv / G.A. Bigus, Yu.F. Daniev, I.A. Bystrova, D.I. Galkin – M.: izd. MGTU im. N.E. Bauman, 2014. – 615 s.
 12. Guzik V.F., Kidalov V.I., Samoylenko A.P. Statisticheskaya diagnostika neravnovesnykh ob"ektov. – SPb: Sudostroenie, 2009. – 304 s.
 13. Medvedev V.V. Primenenie imitatsionnogo modelirovaniya dlya obespecheniya nadezhnosti i bezopasnosti sudovykh energeticheskikh ustanovok: monografiya. – SPb.: Strata, 2013. – 352 s.
 14. Goloskokov K.P., Chirkova M.Yu. Razrabotka modeli vybora tekhnicheskikh sredstv sudovykh informatsionnykh sistem. Vestnik Gos. universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova, SPb. – 2017. Т. 9. – № 3. – S. 645-654.
 15. Polkovnikova N.A., Polkovnikov A.K. Modeli i algoritmy sistemy podderzhki prinyatiya resheniy dlya glavnogo sudovogo dvigatelya. Eksploatatsiya morskogo transporta. Gos. morskoy universitet im. admirala F.F. Ushakova, Novorossiysk. – 2018. – №3 (88). – S. 86-102.
 16. Gavrilo V.V., Mashchenko V.Yu. Printsipy postroyeniya ierarkhicheskogo kompleksa sistem diagnostirovaniya sudovogo dizelya. //Vestnik Gos. universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova, SPb. – 2016. – № 3 (37). – S. 155-166.
 17. Karetnikov V.V., Pashchenko I.V., Sokolov A.I. Perspektivy vnedreniya bezekipazhnogo sudokhodstva na vnutrennikh vodnykh putyakh Rossiyskoy Federatsii. Vestnik Gos. universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova, SPb. – 2017. – Т. 9. – № 3. – S. 619-627.
 18. Ravin A.A., Khrutskiy O.V. Prognozirovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya oborudovaniya: monografiya – Germany, Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014. – 141 s.

19. Karakaev A.B. Osnovnye principy modelirovani-ja i informacionnoj podderzhki processov upravlenija jekspluataciej sudovyh jelektroenergetich-eskih sistem. (Chast' 2) [Tekst] /A.B. Karakaev, A.V. Lukanin, E.V. Hekert//Jekspluatacija mor-skogo transporta.– 2017.– № 3 (84).– S. 89-99.
20. Hekert E.V. Kontrol' sostojanija dvigatelja firmy "caterpillar" sat 3512 gruntona-sosnoj ustanovki zemsnarjada po vibracionnym parametram [tekst] /E.V. Hekert, N.I. Nikolaev, V.V. Gerasidi // Mor-skie intellektual'nye tehnologii.– 2018.– T. 1.– № 1 (39).– S. 100-105
21. Karakaev A.B. Osnovnye principy modelirovani-ja i informacionnoj podderzhki processov upravlenija jekspluataciej sudovyh jelektroenergetich-eskih sistem. (Chast' 1) [Tekst] / A.B. Karakaev, A.V. Lukanin, E.V. Hekert//Jekspluatacija mor-skogo transporta.– 2017.–№ 2 (83).– S. 114-122.

УДК: 339.138

DOI: 10.34046/aumsuomt90-18

МАРКЕТИНГ И БРЕНДИНГ: АВТОМАТИЗАЦИЯ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ И МОБИЛЬНОСТЬ

А. В. Фролов, начальник класса кафедры АИС

Е. С. Фролова, аспирант

А. А. Антонов, старший преподаватель кафедры РЭРС

Современный рынок связывает многие процессы в комплексы, повышая потенциал их взаимодействия. В работе проводится системный анализ маркетинга и брендинга с четырех основных эволюционных сторон: потенциал автоматизации, применимость искусственного интеллекта, персонализация покупателей и повышение мобильности бизнеса. Проанализированы возможности идентификации целевой аудитории, «слушания» целевой аудитории, внедрения инноваций, личностно-ориентированного брендообразования. Сильнее всех при таком подходе выигрывают малые и средние фирмы (класса B2B, например), которым персонализация присуща по природе, необходимости. Создание маркетинг-сообщений личностно-ориентированной направленности зависит не только от их желаний, мотивации. Повышается эффективность, автоматизация, интеллектуализация маркетинга компании, можно отслеживать ориентированные на целевые установки рассылки, «реальный» маркетинг, для которого становится актуальным нейромаркетинговый подход.

В работе исследование позволяет выделить важнейшие маркетинговые тенденции рынка-2018, например, интерактивные чаты, интеллектуальные системы, улучшающие обмен, ценность контента с учетом его персонализации. Акцентируется, что наукоемкие команды работы с маркетологами, рост количественного маркетинга открывают новые возможности реального бизнеса, бренды начинают экспериментировать с ними. Имеется возможность использовать рекламные ролики как новый маркетинговый канал. В работе отмечены основные проблемы продаж, например, приоритет конфиденциальности пользовательских данных, создания многоканальных коммуникаций, применяющих холодные связи, фильтрацию почты. Машинное обучение может изменить рекламные предпочтения, маркетинг (на базе систем искусственного интеллекта, особенно). Потребители ждут от брендинга большей отдачи, бренды, заинтересованные в клиентах должны создавать привлекательный контент, а реклама движется к ценному контенту.

Ключевые слова: бренд, маркетинг, бизнес, компания, автоматизация, искусственный интеллект, персонализация, мобильность, тенденции-2018

The modern market connects many processes in complexes. He increases the potential of their interactions. In article the system analysis of marketing, branding is carried out. Four main evolutionary parties are considered: automation potential, applicability of artificial intelligence, personalisation of buyers, increase in mobility of business. Possibilities of identification of target audience, the introduction of innovations focused on the identity of a brands are analysed. Most strongly at such approach win small and medium-sized companies (the class B2B, for example). Personalisation is inherent in them by the nature, need. Creation marketing messages of personal orientation depends not only on desires, motivation. The efficiency, automation, intellectualization of marketing of the company increases. It is possible to monitor the mailings focused on purposes, "real" marketing. There is relevant a neuromarketing approach.

The analysis done in work allows to allocate, note the most important marketing tendencies of the market-2018. For example, the interactive chats, intellectual systems improving exchange, content value taking into account personalisation. It is accented that the knowledge-intensive teams of work with marketing specialists, growth of quantitative marketing open new opportunities of real business, brands begin to experiment with them. It is possible to use, for example, commercials as a new marketing channel. In work the main problems of sales, for example, a priority of confidentiality of the user data, creations of the multichannel communications applying cold communications, filtration of mail are noted. The machine learning can change advertizing preferences, marketing (on the basis of the systems of artificial intelligence). Consumers wait from branding of bigger return, Brenda, interested in clients have to create attractive content, and advertizing moves to valuable content.

Keywords: brand, marketing, business, company, automation, artificial intelligence, personalisation, mobility, tendencies-2018.