

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ | 5 |
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1. ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ | 11 |
| 1.1 Анализ тенденций развития систем централизованного контроля ... | 11 |
| 1.2 Анализ эволюции и современного уровня развития диагностического обеспечения судового энергетического оборудования | 21 |
| Выводы по главе 1 | 37 |
| Контрольные вопросы к главе 1 | 39 |
| 2. АНАЛИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ | 40 |
| 2.1. Эксплуатационные повреждения судовых дизелей | 40 |
| 2.2. Анализ опыта эксплуатации морских газотурбинных установок | 51 |
| 2.3. Условия эксплуатации и характерные неисправности оборудования судовых ядерных энергетических установок | 56 |
| 2.4. Условия эксплуатации и характерные неисправности судовых электрических машин | 58 |
| 2.5. Условия эксплуатации и характерные неисправности судовых насосов | 63 |
| 2.6. Условия эксплуатации и характерные неисправности судовых теплообменных аппаратов | 67 |
| 2.7. Условия эксплуатации и характерные неисправности судовых трубопроводов и трубопроводной арматуры | 68 |
| 2.8. Условия эксплуатации и характерные неисправности судовых электрических кабелей | 70 |
| 2.9. Условия эксплуатации и характерные неисправности судовых редукторов | 71 |
| Выводы по главе 2 | 75 |
| Контрольные вопросы к главе 2 | 75 |
| 3. ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИИ И ГЛУБИНЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ .. | 77 |
| 3.1. Сравнительный анализ стратегий обслуживания оборудования | 77 |
| 3.2. Системный анализ судового энергетического оборудования как объекта технического диагностирования | 79 |
| 3.3. Иерархическое представление уровней диагностирования | 94 |
| Выводы по главе 3 | 95 |
| Контрольные вопросы к главе 3 | 96 |
| 4. АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УРОВНЯ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ | 97 |
| 4.1. Исходные предпосылки | 97 |
| 4.2. Анализ эффективности применения аналогового мониторинга теплотехнических характеристик как метода диагностирования | 98 |

| | |
|--|-----|
| 4.3. Анализ эффективности применения дискретного мониторинга теплотехнических характеристик как метода диагностирования судовых систем | 110 |
| 4.4. Анализ эффективности применения бесконтактного термометрирования судового оборудования | 122 |
| 4.5. Применение SMART-анализа для формализованной оценки диагностических возможностей методов контроля энергетических показателей оборудования | 132 |
| Выводы по главе 4 | 134 |
| Контрольные вопросы к главе 4. | 135 |
| 5. АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ | 138 |
| 5.1. Исходные предпосылки | 138 |
| 5.2. Диагностические возможности контроля вибрационных характеристик | 139 |
| 5.3. Визуальный осмотр внутренних полостей оборудования | 146 |
| 5.4. Мониторинг толщины стенок сосудов и трубопроводов | 152 |
| 5.5. Бесконтактное измерение зазоров в опорных узлах механизмов | 154 |
| 5.6. Контроль износов уплотнений насосов | 158 |
| 5.7. Анализ продуктов износа в смазочном масле | 165 |
| 5.8 Сравнительный анализ методов диагностирования механических дефектов узлов и деталей оборудования | 173 |
| Выводы по главе 5 | 178 |
| Контрольные вопросы к главе 5. | 179 |
| 6. АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО УРОВНЯ ДИАГНОСТИКИ | 181 |
| 6.1. Актуальность задачи | 181 |
| 6.2. Сравнительный анализ функциональных возможностей методов дефектации газотурбинных лопаток | 183 |
| 6.3. Техническая реализация бесконтактного вибромониторинга рабочих лопаток компрессоров морских ГТД | 199 |
| Выводы по главе 6 | 208 |
| Контрольные вопросы к главе 6. | 208 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 209 |
| ГЛОССАРИЙ | 211 |
| ПОСЛЕСЛОВИЕ | 214 |
| ЛИТЕРАТУРА | 215 |

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПН – аксиально-поршневой насос
ВАХ – виброакустическая характеристика
ВК – водоизмещающий корабль
ВМТ – верхняя мёртвая точка
ВОУ – воздухоочистительное устройство
ВФШ – винт фиксированного шага
ВРШ – винт регулируемого шага
ГД – главный двигатель
ГТД – газотурбинный двигатель
ГТУ – газотурбинная установка
ДРА – дизель-редукторный агрегат
ЛПР – лицо, принимающее решения
КДП – корабль с динамическим принципом поддержания
КШМ – кривошипно-шатунный механизм
МИШ – механизм изменения шага (винта)
МОД – малооборотный дизель
НМТ – нижняя мёртвая точка
ОЛВМ – общий логико-вероятностный метод
ПВХ – поливинилхлорид
ПЛАМ – переносная лаборатория анализа масла
ППНР – поиск причин нарушения работоспособности
РМ – рулевая машина
СДУ – судовая дизельная установка
СКЗ – среднеквадратичное значение
СКО – среднеквадратичное отклонение
СОД – среднеоборотный дизель
СПАМ – спектральный анализ масла
СТД – система технического диагностирования
СТС – судовые технические средства
СЦК – система централизованного контроля
СЭО – судовое энергетическое оборудование
СЭУ – судовая энергетическая установка
ТА – топливная аппаратура
ТОА – теплообменный аппарат
ТНВД – топливный насос высокого давления
ФСЭ – функционально-самостоятельный элемент
ЦБН – центробежный насос
ЯЭУ – ядерная энергетическая установка



ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью прогресса техногенной цивилизации является неуклонное стремление к повышению эффективности технических устройств и систем, суть которой заключается в желании получить как можно больший и лучший результат при возможно меньших затратах усилий и ресурсов. Это утверждение в полной мере относится и к системе эксплуатации судов [9].

Применительно к транспортной энергетике и, в частности, к судовой, реализация этой концепции предполагает, с одной стороны, повышение удельных мощностей и коэффициентов полезного действия энергетического оборудования и, с другой стороны, снижение затрат на замену оборудования, исчерпавшего назначенный ресурс или получившего необратимые изменения технического состояния в результате внезапных отказов и аварий. Например, в [10] указано: «Современного судовладельца интересуют не только стоимость и соответствие заказанного им судна заданным количественным показателям, но и то, как поддерживать его работоспособность с наименьшими затратами в течение всего периода эксплуатации».

Первое из указанных направлений сопряжено с применением более сложных схем и конструкций энергомеханических устройств и форсированием протекающих в них рабочих процессов, а второе предъявляет повышенные требования к эксплуатационной надёжности оборудования. Нетрудно видеть противоречивость этих мероприятий, поскольку усложнение конструкций и интенсификация силовых, температурных и химических воздействий на наиболее нагруженные узлы и детали оборудования отнюдь не способствуют повышению его безотказности и долговечности.

Опыт показывает, что создание и внедрение в практику энергетического машиностроения новых конструкционных материалов кардинально не устраняет это противоречие, поскольку их повышенная удельная прочность и сопротивляемость к воздействию эксплуатационных нагрузок немедленно используется проектантами оборудования для интенсификации процессов преобразования энергии с целью повышения удельной и агрегатной мощности и снижения расхода топлива за счёт увеличения коэффициентов полезного действия энергетического оборудования.

Решение проблемы надёжности за счёт использования высоких запасов прочности или широкого применения резервирования, применявшееся на определённом этапе развития энергетических систем, сопровождалось увеличением их массы и габаритов. Понятно, что это повышало материалоёмкость и стои-

мость оборудования, негативно сказывалось на полезной грузоподъёмности гражданских судов и сокращало располагаемые объёмы и запасы водоизмещения, предназначенные для размещения систем вооружения на военных кораблях. Между тем «стремительное развитие техники в XX веке существенно повысило требования к уменьшению массы и габаритов технических систем при одновременном увеличении их производительности и нагрузочных характеристик. В этих условиях проблема обеспечения надёжности этих объектов становилась всё более острой [11].

Важным информационным обеспечением профилактики отказов и аварий являются расчёты эксплуатационной надёжности (и, прежде всего, оценки вероятности безотказной работы и долговечности) комплектующего оборудования и судовых систем, выполняемые на стадии проектирования. Достоверность таких расчётов обусловлена тем, что выполняются они высококвалифицированными специалистами отделов эксплуатации и надёжности проектных и конструкторских бюро с учётом требований, регламентированных соответствующими нормативными документами и ГОСТами [1–3], с помощью современных программных систем («АРБИТР», «RELEX» и др.), в которых «защиты» стандартизованные расчётные методики и алгоритмы [12–14]. И, тем не менее, анализ потока отказов и рекламаций, поступающих с флотов, свидетельствует о том, что фактические периоды безотказной эксплуатации оборудования зачастую отличаются от расчётных, и не в лучшую сторону.

Можно назвать несколько основных причин этих расхождений.

Во-первых, следует учитывать, что фактическое качество комплектующих изделий и оборудования, поступающего на судостроительные заводы, может отличаться от заявленного в технических условиях. Устранение этого фактора требует повышения общего уровня культуры производства и, в частности, разработки, внедрения современной системы комплексной оценки и контроля качества комплектующих изделий.

Другим важным обстоятельством является то, что проектные расчёты надёжности базируются на предполагаемых моделях эксплуатации оборудования и судовых систем. Соответствует ли фактический спектр режимов использования этого оборудования в корабельных условиях принятым моделям – большой вопрос. Его решение требует расширенного применения в составе бортовых систем централизованного контроля алгоритмов, регистрации фактической истории эксплуатационного нагружения и мониторинга эквивалентной наработки оборудования.

Принципиальным аспектом является и то, что методологической основой расчётов надёжности является теория вероятностей, применение которой позволяет формулировать осреднённые групповые оценки, корректные для больших и однородных выборок. Для мелкосерийного (а иногда и уникального) судового энергомеханического оборудования с широким спектром условий и режимов эксплуатации и значительными величинами коэффициентов вариации ресурсов, групповые вероятностные оценки надёжности и долговечности недостаточны для своевременного принятия персоналом мер по предотвращению отказов и аварий, поскольку они не обеспечивают индивидуальную оценку

фактического состояния того или иного конкретного агрегата, машины, механизма или узла оборудования.

На обеспечение длительного безотказного функционирования оборудования направлены мероприятия, предусмотренные системой обслуживания [4].

Наиболее простая стратегия обслуживания «по факту отказа» малоприменима для судового оборудования, поскольку не обеспечивает профилактику отказов. Стратегия обслуживания «по регламенту», в принципе, такую профилактику предусматривает, особенно в тех случаях, когда фактические наработки оборудования на отказ достаточно близки к назначенным срокам проведения профилактических работ, что далеко не всегда соблюдается в практике эксплуатации судового энергетического оборудования, имеющего в силу ряда причин существенные значения коэффициентов вариации ресурса.

Уже к концу 60-х годов XX века стало понятно, что для кардинального решения проблемы предотвращения внезапных отказов требуется повышение уровня информированности персонала, обеспечивающего управление и обслуживание оборудования, о тех процессах, которые происходят в этом оборудовании во время его эксплуатации. Экстенсивное развитие традиционных систем контроля теплотехнических параметров лишь частично способствовало повышению уровня контролепригодности оборудования, поскольку опыт эксплуатации показал, что значительное число отказов и аварий вызывается такими процессами деградации технического состояния узлов и деталей, которые никак не сказываются на теплотехнических характеристиках оборудования (вплоть до наступления критических ситуаций).

Эти обстоятельства обусловили развёртывание широкого фронта работ, направленных на создание и внедрение приборов и систем технической диагностики, призванных обеспечить углублённый эксплуатационный контроль и прогнозирование фактического технического состояния энергомеханического оборудования. Информационно-технической базой этого научно-технического направления послужили результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных широким кругом учёных и инженеров.

Надо отметить, что техническая диагностика призвана решать обширный круг задач, многие из которых являются смежными с задачами других научных дисциплин. Основной целью разработки и внедрения диагностических систем является повышение эксплуатационной надёжности контролируемого оборудования, в связи с чем одним из важных компонентов теоретической базы разработчиков диагностического обеспечения являются сведения из теории надёжности, теории вероятностей, математической статистики. С другой стороны, основной задачей, которую необходимо решать для достижения указанной выше цели, является распознавание состояния технической системы (на это указывает и гносеология самого термина «диагностика»: греческое слово «diagnosis» переводится как «распознавание, определение»). Этим обусловлена актуальность применения методик распознавания образов. Сам процесс оценки состояния технического объекта предполагает измерение параметров как в процессе эксплуатации, так и при выполнении экспериментальных исследований объектов и диагностических приборов, грамотное проведение которых не может

быть организовано без опоры на основе теории измерений, метрологии, планирования экспериментов и обработки числовых данных. Такой синтетический по своей сути характер этого научно-технического направления ставит под сомнение перспективы создания единой научной дисциплины, которую можно было бы назвать «теория технической диагностики», что, впрочем, не исключает возможность комплексного применения фундаментальных теоретических основ и практических приложений указанных выше научных направлений.

Из классических зарубежных работ, посвящённых этим направлениям, можно отметить труды Р. Фишера, Р. Шеннона, Д. Химмельблау, Э. Фёрстера, Б. Ренца, Э. Патрика, Дж. Тейлора, Дж. Ту, Р. Гонсалеса, Х. Харта, К. Фукунаги, Г. Хармана, Р. Хемминга, Д. Хейса, Р. Дуды, П. Харта, И. Пфанцагля, Д. Льюнга, Г. Дэвида, Дж. Клейнена и др. [15–31]. В инженерном плане, приближенном непосредственно к интересам разработчиков диагностических методов, следует выделить работы Б. Диллона, Ч. Сингха, Е. Моека, Х. Штриккерта, Р. А. Коллакота и др. [32–35].

В значительной части отечественных публикаций, посвящённых технической диагностике, рассматриваются как теоретические аспекты, перекликающиеся с указанными выше приложениями классических теорий, так и варианты их общетехнического применения в качестве средства повышения эксплуатационной надёжности технических объектов [36–49, 397, 413] с учётом требований, изложенных в ряде нормативных документов [5–8].

Следует отметить, что расширенное внедрение диагностического обеспечения судового энергетического оборудования, с одной стороны, стимулируется неуклонно возрастающими требованиями к надёжности и безопасности эксплуатации судов и кораблей, но, с другой стороны, связано с необходимостью решения целого ряда проблем, связанных с недостаточной изученностью механизмов эксплуатационных повреждений наиболее нагруженных узлов и деталей, отсутствием достаточно представительных статистических данных о количественных и качественных характеристиках эксплуатационных отказов, сложностью получения достоверных моделей технического состояния оборудования, недостаточной изученностью характера влияния возможных неисправностей на параметры физических полей, сопровождающих использование оборудования по прямому назначению, сложностью адаптации традиционно применяемых методов неразрушающего контроля к условиям безразборной диагностики оборудования в судовых условиях, недостаточно развитой базой алгоритмического и программного обеспечения, нехваткой специальных датчиков и измерительных приборов, отсутствием специального стендового оборудования для отработки и испытания диагностических методов, отсутствием системы подготовки квалифицированных специалистов в области технической диагностики, недостаточным уровнем финансового и материального обеспечения.

Современные средства технической диагностики предусматривают использование широкого спектра физических явлений, реализацию сложных алгоритмов сбора, обработки, хранения и предоставления информации. Поэтому достоверная оценка технического состояния оборудования на стадии эксплуатации предполагает использование соответствующего диагностического ин-

струментария, составными частями которого являются информационное, методическое, алгоритмическое, программное, аппаратное и организационное обеспечение. В этой связи основные направления исследований направлены на развитие математических методов выделения и распознавания диагностической информации, создание эффективных измерительных приборов и комплексных систем сбора, обработки и предоставления информации, анализ специфических особенностей конструкций и условий эксплуатации судовых машин и механизмов, изучение типовых разрушающих процессов и их возможных последствий, выделение узлов, лимитирующих безотказность и долговечность оборудования, поиск диагностических признаков деградации технического состояния и синтез алгоритмов диагностирования, ориентированных на применение тех или иных методов и средств диагностики.

В результате выполненных (и выполняемых) работ в указанных выше направлениях к настоящему времени на рынке представлена широчайшая номенклатура диагностических приборов и систем, как отечественных, так и импортных, различающихся особенностями информационного, методического, алгоритмического, программного и аппаратного обеспечения, имеющих различные принципы действия, функциональные возможности, метрологические характеристики, области применения, массогабаритные параметры, элементную базу, соотношение цены и качества и т. п. Например, только в области вибродиагностики можно насчитать десятки фирм, выпускающих сотни различных датчиков и приборов для измерения параметров вибрации. Аналогично обстоит дело и с другими видами диагностических методов. Это изобилие привело к тому, что на смену проблеме преодоления дефицита диагностических методик и приборов пришла новая проблема – проблема выбора такой компоновки диагностического обеспечения, которая способна обеспечить нужный уровень контролепригодности конкретного типа оборудования.

Решение этой проблемы требует, как правило, проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований, направленных на анализ конструктивных особенностей и специфических условий эксплуатации оборудования, анализа условий нагружения и характерных эксплуатационных повреждений наиболее ответственных узлов и деталей, выделения возможных диагностических признаков, определения диагностических методов и приборов, способных функционировать в судовых условиях в процессе взаимодействия с диагностируемым оборудованием, применения методик сравнительного многофакторного анализа и критериальной оценки диагностических возможностей различных вариантов компоновки диагностического обеспечения. Настоящая книга посвящена анализу особенностей разработки и результатам применения методологии проведения этих исследований.

Автор надеется на то, что она будет полезна подрастающему поколению специалистов – будущим диагностам – изучающим в рамках бакалавриата, магистратуры, специалитета и аспирантуры основы дисциплин, объединённых общим направлением «Техническая диагностика».

1. ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Анализ тенденций развития систем централизованного контроля

Стремление координировать управляющие воздействия в соответствии с достоверной оценкой степени выполнения оборудованием заданных эксплуатационных режимов привело к организации контроля теплотехнических параметров, сначала с помощью приборов теплотехнического контроля, размещённых на местных постах непосредственно в машинных отделениях, затем, по мере развития электрических средств измерения неэлектрических величин, перенесением вторичных измерительных приборов в центральные посты управления (ЦПУ).

Для эффективной и безопасной эксплуатации СЭУ требовалось обеспечить обслуживающий персонал комплексной информацией о состоянии энергетического оборудования и протекающих в них технологических процессах с помощью систем централизованного контроля, которые осуществляют функции измерения параметров, и сравнения их с уставками (рис. 1.1) [124–128].

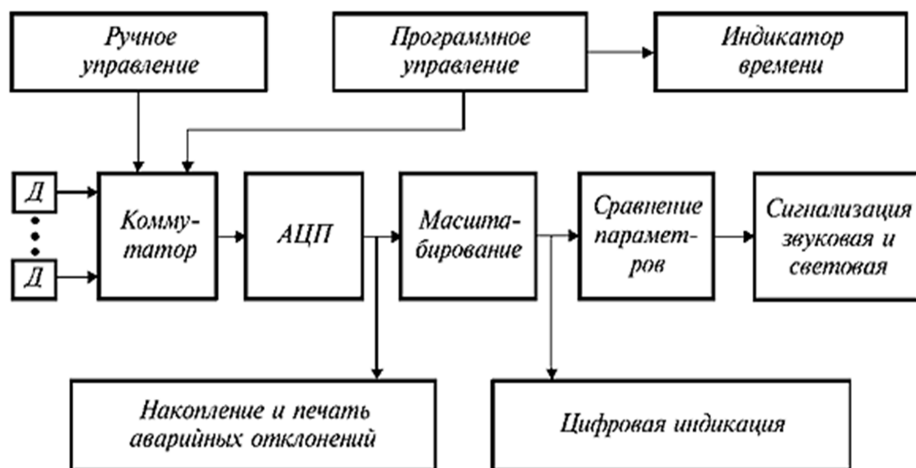


Рисунок 1.1 – Структурная схема СЦК обтекающего типа

При предельном отклонении контролируемых параметров обеспечиваются срабатывание звуковой и световой АПС (входит в состав СЦК), регистрация параметров или факт их отклонения. СЦК состоит из датчиков, электронных приборов (элементов обработки сигналов) и средств отображения, регистрации, сигнализации и, как правило, имеют обтекающий принцип действия.

В качестве примера бортовых информационных систем, реализующих указанные выше функции применительно к судовым энергетическим установкам, можно указать созданные уже в конце 60-х годов XX века зарубежные СЦК (табл. 1.1).

торы С связаны с элементами представления информации посредством контейнера дискретной сигнализации КСД. Центральный прибор ПЦ содержит блок БВИ вызова на измерение и цифровые индикаторы ЦИ, связанные с контейнерами КЦИ сигнализации цифрового измерения. В состав СЦК входят также контейнер КРС разделения сигналов, контейнер КСО обобщенной сигнализации, приборы ПП1-ПП3 питания, прибор ПРЦ1 регистрации центральный, приборы адресной сигнализации ПСА и обобщенной ПСО, щит контроля (ЩК) обеспечивает прием и обработку информации от датчиков с унифицированным выходным сигналом различного типа (давления, температуры, расхода и др.) в необходимом диапазоне измеряемых параметров.

СЦК обеспечивает выполнение следующих функций:

- светозвуковую сигнализацию отклонения контролируемых параметров от установленных значений;
- адресную световую сигнализацию о неисправностях групп ТС и вызове вахтенного в МО;
- индикацию контролируемых параметров по вызову на цифровом табло с периодом обновления информации 2,5 с;
- регистрацию отклонений контролируемых параметров от установленных значений и их возвращение в норму;
- выдачу сигналов в систему управления;
- блокировку сигнализации отклонения контролируемого параметра или группы параметров по сигналу от внешнего устройства;
- вызов текущего значения параметра по запросу системы технического диагностирования (или ЭВМ) и выдачу его в двоично-десятичном коде.

Расширение функциональных возможностей более поздних модификаций судовых СЦК обеспечивалось за счёт применения более эффективных средств обработки и представления информации на базе вычислительной техники (централизованных компьютеров и микропроцессоров) и расширения номенклатуры и функционального назначения датчиков. Использование вычислительной техники в составе СЦК повысило эффективность и надёжность сбора, обработки, хранения и представления информации и создало условия для объединения систем централизованного контроля с близкими по принципу действия системами аварийно-предупредительной сигнализации, системами автоматической защиты, системами автоматического управления и, впоследствии, с системами технической диагностики.

Широкое распространение на судах микропроцессорной вычислительной техники оказало по существу революционизирующее влияние на наиболее сложный класс судовых систем автоматизации — комплексные системы управления и контроля судовых ТС. Наряду с системами, имеющими центрально-лучевую структуру, получили распространение системы с распределенной структурой, для которых характерно рассредоточение основной части микропроцессорной техники по всему судну (рис. 1.3).

В качестве примеров зарубежных систем для контроля параметров СЭУ можно указать микропроцессорную систему MCS-4 фирмы MTU, компьютерную систему FAKS 2.0 фирмы Wärtsilä Diesel, автоматизированную децентра-

лизованную систему фирмы Control Measure Regulation, контрольно-измерительное устройство Simplot фирмы ABB Industrietechnik AG, систему контроля параметров рабочих процессов судовых дизелей DCS фирмы Vista Ltd, электронную систему контроля работы судового двигателя фирмы Kobelt Manufacturing Co., электронную аппаратуру Doctor фирмы Icon Research для контроля рабочих параметров дизелей и др.

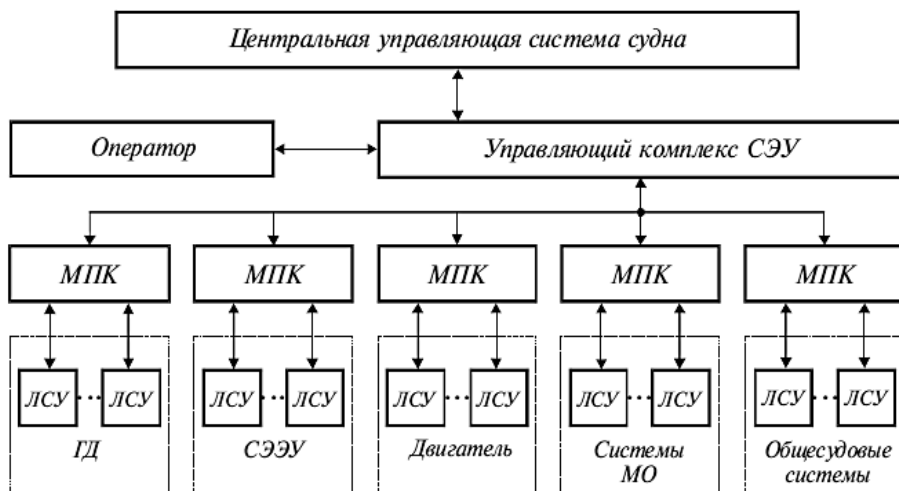


Рисунок 1.3 – Комплексная система с распределённой структурой

Следует отметить, что на эргономические качества и эффективность подсистем управления и централизованного контроля существенное влияние оказала эволюция средств представления информации [130–132]. Если на ранних образцах СЦК оператору предлагалось наблюдать за теплотехническим состоянием управляемых энергетических объектов и контролировать правильность отработки управляющих команд с помощью жёстких мнемосхем с цветными лампами, цифровых приборов и сигнальных табло, вмонтированных в вертикальные и горизонтальные панели пультов управления, то в современных системах соответствие состояния управляемых технических средств (ТС) заданным командам и режимам отслеживается с помощью специальных предикторных алгоритмов и графических образов, отображаемых на экранах панельных станций (мониторов) системы информационной поддержки оператора корабельных технических средств (СИП). Её функциями являются мониторинг режимов функционирования объекта управления и распознавание аномальных состояний объекта. Характерной особенностью современных СИП является комплексное использование в составе мнемосхем, выводимых на экран монитора, активных мнемознаков и наглядное представление (по вызову или автоматически в случае выхода за уставки) результатов контроля теплотехнических параметров (рис. 1.4, 1.5).

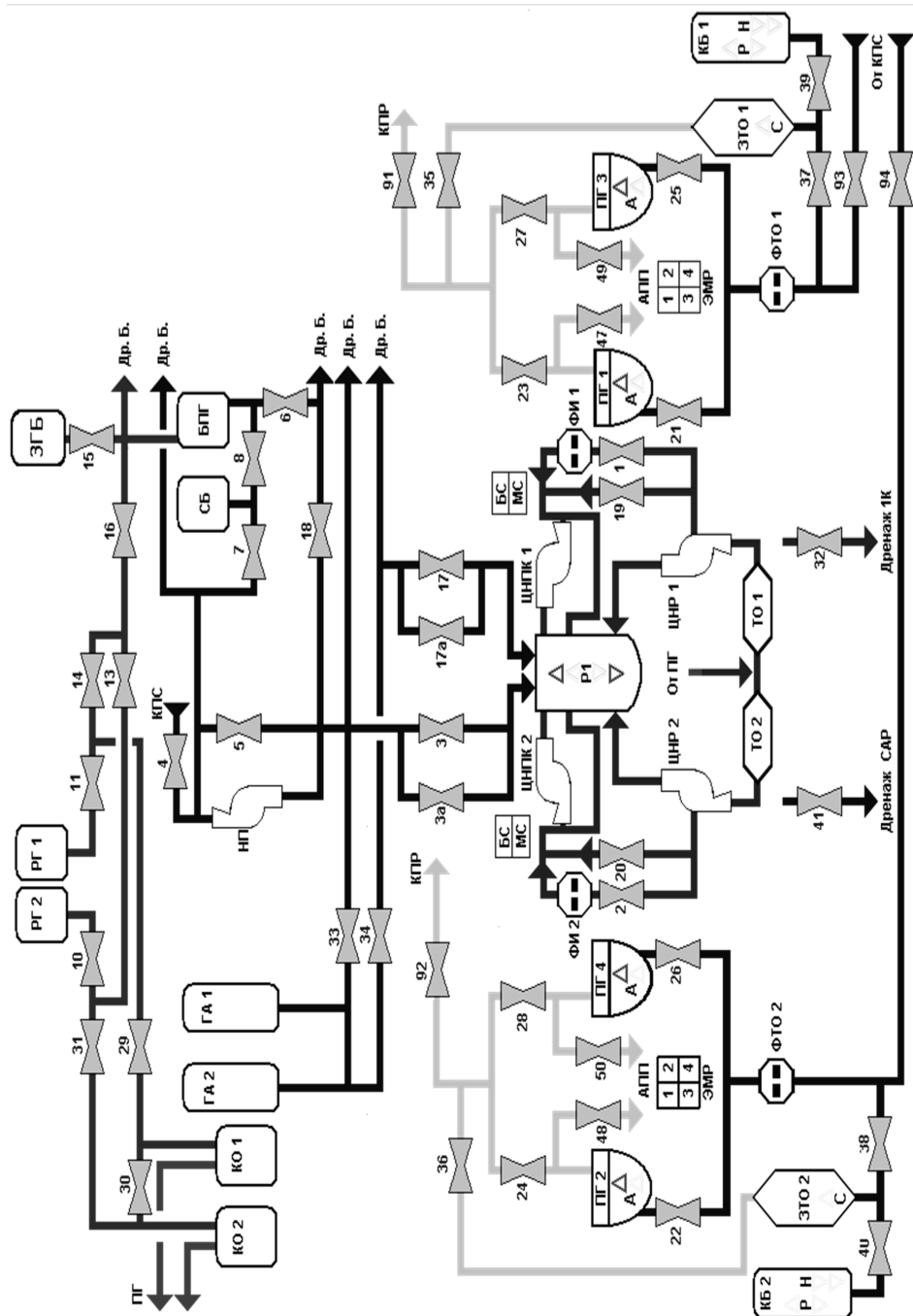


Рисунок 1.4 – Мнемосхема ППУ судовой ЯЭУ с активными мнемонами

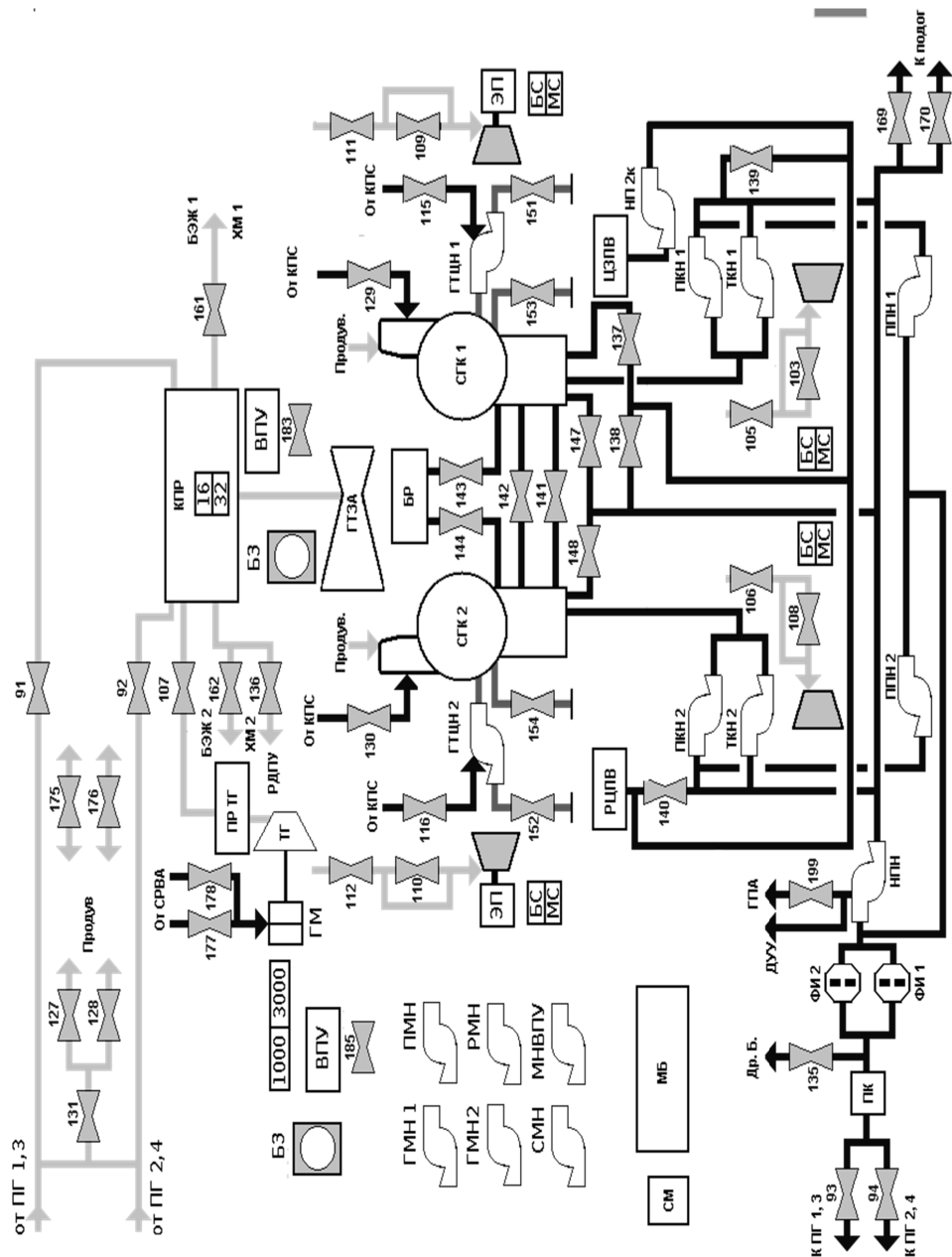


Рисунок 1.5 – Мнемосхема ПТУ судовой ЯЭУ с активными мнемознаками

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru