

**Авторы:**

к.т.н. Горелик Т.Г.,  
Кириенко О.В.,  
Кабанов П.В.,

ООО «ЭнергопромАвтоматизация»,  
г. Санкт-Петербург, Россия.

Ph.D. Gorelik T.G.,

Kirienko O.V.,

Kabanov P.V.,

LLC

«EnergopromAvtomatizatsiya»,  
Saint Petersburg, Russia.

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА НА БАЗЕ ОБЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

## AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR EQUIPMENT MAINTENANCE AND REPAIR BASED ON COMMON INFORMATION MODEL

Аннотация: предложена архитектура автоматизированной системы для технического обслуживания и ремонта на базе общей информационной модели. Разработанная архитектура позволяет осуществлять хранение данных, обработку информации и автоматизацию производственных процессов. Приводится описание разработанного программного обеспечения, использующего указанную архитектуру для автоматизации комплекса работ по обслуживанию и ремонту оборудования.

Ключевые слова: системы автоматизации, стандарты МЭК, общая информационная модель, CIM, техническое обслуживание и ремонт, актив, программное обеспечение.

**Annotation:** system architecture of automated information system for equipment maintenance and repair based on common information model is proposed. Developed system architecture allows storing data, information processing and automation of industrial processes. Software using proposed architecture for automation of maintenance and repair workflow is described.

**Keywords:** automation system, IEC standards, Common Information Model, CIM, maintenance, asset, software.

**Введение**

В настоящее время все большее внимание уделяется повышению эффективности технического обслуживания энергетического оборудования, посредством перехода от системы фиксации действий персонала в бумажных журналах к системе выполнения должностных обязанностей по заданным алгоритмам с учетом оценки фактического состояния оборудования с хранением результатов в электронном виде. При переходе к цифровому представлению информации о техническом обслуживании оборудования целесообразно опираться на международные стандарты по хранению и обмену информацией. Наиболее универсальным средством для решения данного круга задач является группа стандартов, посвященная общей информационной модели (Common Information Model - CIM) – МЭК 61968, МЭК 61970 и МЭК 62325.

Вопрос использования общей информационной модели для задач электроэнергетики обсуждается довольно давно, но следует отметить, что применение CIM сводится, в основном,

к информационному обеспечению модулей расчета режимов энергосистемы, в то время как внимательное изучение указанных стандартов может значительно расширить представление о CIM и увеличить круг решаемых задач. Например, в МЭК 61968 часть разделов посвящена вопросам технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОиР), а также организации работ на объектах электроэнергетики: МЭК 61968-4 Интерфейсы для электронных записей и управления активами (англ. Interfaces for Records and Asset management), МЭК 61968-5 Интерфейсы для оперативного планирования и оптимизации (англ. Interfaces for Operational planning & optimization), МЭК 61968-6 Интерфейсы для технического обслуживания и установки оборудования (англ. Interfaces for Maintenance & Construction) и др.

В основе общей информационной модели лежит объектно-ориентированный подход: вся информация, хранимая в CIM, представляет собой набор объектов, имеющих определенные свойства и связи с другими объектами (ассоциации). Перечень свойств и ассоциаций объекта определяется классом объекта. Важным является понятие наследования, когда один класс (дочерний) наследует свойства и ассоциации другого класса (родительского). С помощью механизма наследования можно расширять перечень информации, хранимой по объектам данного класса. Каждый объект в CIM идентифицируется с использованием уникального идентификатора



Рис. 1. Жизненный цикл оборудования



Горелик

Татьяна Григорьевна

Дата рождения: 24.03.1964.

В 1987 г. окончила Ленинградский ордена Ленина Политехнический институт им. М.И. Калинина по специальности «Электрические системы и сети».

В 2000 г. защитила кандидатскую диссертацию по теме «Повышение достоверности информации в автоматизированных системах управления подстанциями постоянного и переменного тока».

Член РНК СИГРЭ, эксперт секции «Технологии и оборудование ПС»

НТС ПАО «Россети».

Доцент кафедры «Электрические станции и автоматизация энергетических систем» Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета им. Петра Великого.

Автор более 80 публикаций.

Технический директор

ООО «ЭнергопромАвтоматизация».



Рис. 2. Периодическое обслуживание

RDF ID, который обычно формируется автоматически на основе алгоритмов UUID (стандарт RFC 4122). Дополнительно объекты могут снабжаться специализированным классификатором с использованием одной из систем классификации и кодирования (свойство объекта - mRID).

Основным классом для информационных задач технического обслуживания и ремонта является класс **Asset** (*Актив*), от которого наследуются все классы, описывающие объекты, подлежащие техническому обслуживанию и ремонту.

**Активы**

Под активами понимается всё материальное имущество, включающее в себя первичное силовое оборудование, вторичное электрическое оборудование, здания и сооружения, транспорт, инструмент и многое другое.

В то время как МЭК 61970-301 рассматривает компоненты электроэнергетической системы (ЭЭС) на электрическом уровне с помощью класса **PowerSystemResource** (*Ресурс электроэнергетической системы*), МЭК 61968-11 рассматривает все элементы в виде активов с помощью класса **Asset** (*Актив*). Активы, связанные с первичным оборудованием, ссылаются на ресурсы электроэнергетической системы, таким образом, реализуется однозначная связь между элементами схемы замещения энергосистемы и объектами, используемыми при автоматизации производственных процессов. Как видно, понятие актива намного шире, чем понятие ресурса ЭЭС. Кроме того, МЭК 61970 дает представление лишь об электрических параметрах и связях оборудования, а МЭК 61968 делает акцент на жизненном цикле оборудования, планировании обслуживания и ремонта, географическом расположении, документировании и отслеживании событий, происходящих с оборудованием.

**Жизненный цикл активов**

Для контроля жизненного цикла активов в CIM определен специальный класс **LifecycleDate** (*Жизненный цикл актива*). В течение своего жизненного цикла активы проходят через несколько этапов (рис. 1), начиная от производства, установки и заканчивая списанием и демонтажем.

С точки зрения ТОиР наибольший интерес представляет этап эксплуатации, когда оборудование подвергается мероприятиям технического обслуживания и ремонта. Задача информационной системы ТОиР (далее - Система) заключается в постоянной оценке состояния оборудования и планировании технических мероприятий. По мере того, как оборудование стареет, количество и частота фиксируемых неисправностей увеличивается, и Система может принять решение о необходимости демонтажа оборудования.

**Организация технических мероприятий**

Существует два принципиально разных подхода к организации технических мероприятий оборудования: периодическое обслуживание (плановое) и обслуживание по состоянию (событийное).

Первый способ (рис. 2) является традиционным и заключается в проведении обслуживания через равные промежутки времени по определенной программе. Этот способ был актуален, когда устройства не обладали системой самодиагностики, и для обнаружения неисправностей приходилось периодически проверять все их функции.

Планирование мероприятий в CIM производится с помощью класса **WorkTimeSchedule** (*Расписание выполнения работ*).

На современном этапе развития систем мониторинга и диагностики оборудования предпочтительным является обслуживание по состоянию (рис. 3). В этом случае устройства способны самостоятельно анализировать работоспособность своих функций и сигнализировать об этом. Большим преимуществом Системы является возможность получения диагностической информации напрямую от оборудования и принятия оперативного решения в случае наличия неисправностей.

Для регистрации неисправности оборудования (класс **ActivityRecord** (*Запись события*)) Система использует два способа:

- интеграционный шлюз, производящий сбор диагностических сигналов с оборудования по различным протоколам, таким как МЭК 61850,

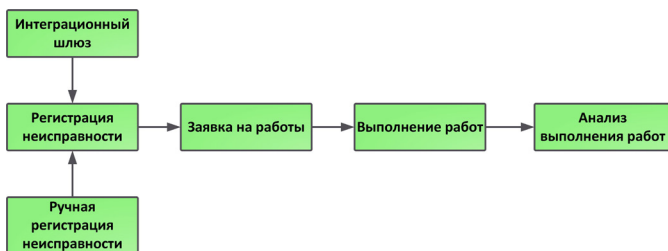


Рис. 3. Обслуживание по состоянию



**Кириенко  
Олег Владимирович**

Дата рождения: 08.06.1986.  
Окончил Санкт-Петербургский государственный политехнический университет им. Петра Великого, специализация «Электроэнергетика», имеет академическую степень «Магистр техники и технологии». Автор многих научных работ, посвященных стандарту МЭК 61850.

Руководитель Департамента инновационных разработок ООО «ЭнергопромАвтоматизация».



**Кабанов  
Павел Владимирович**

Дата рождения: 30.09.1987. В 2010 г. окончил Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), магистр техники и технологии по направлению «Электроэнергетика». В 2015 г. прошел курсы повышения квалификации в СПбГПУ по программе «Безопасность строительства и качество устройства электрических сетей и линий связи».

Руководитель отдела подготовки базы данных ООО «ЭнергопромАвтоматизация».

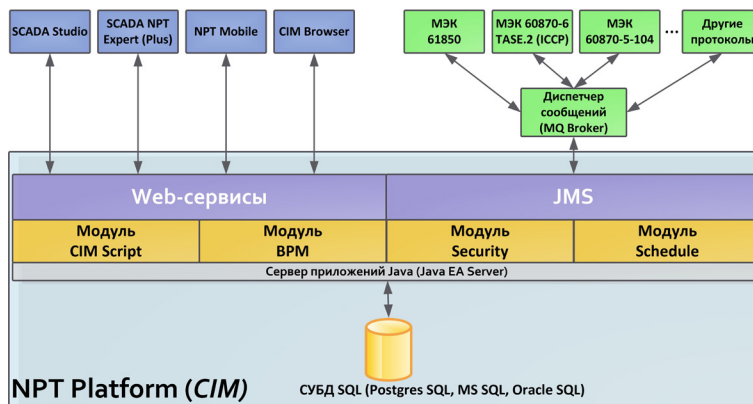


Рис. 4. Архитектура NPT Platform

МЭК 60870-5-104, МЭК 60870 6/TASE.2 (ICCP) (класс **UsagePoint** (Точка контроля));

- ручной способ регистрации с помощью персонала, осуществляющего обслуживание оборудования (класс **Incident** (Нештатная ситуация)).

При наступлении срока проведения планового мероприятия или регистрации неисправности формируется заявка на работы (класс **WorkTask** (Задание на работу)) по наряду, распоряжению или в порядке текущей эксплуатации, являющаяся электронным документом и регламентирующая все вопросы выполнения работ. Регламентируется состав бригады (класс **Crew** (Бригада)), место работ (класс **WorkLocation** (Место работ)), мероприятия по обеспечению безопасного выполнения работ (класс **SafetyDocument** (Допуск к работе)) и т.д. Обеспечение безопасного проведения работ зачастую сопряжено с производством переключений коммутационных аппаратов и выставлением плакатов. Для этих операций с CIM также определены специальные классы, такие как: **SwitchingPlan** (План переключений), **OperationTag** (Оперативная пометка) и другие.

Важным аспектом является вывод оборудования из работы. Это может быть как плановое отключение оборудования для обслуживания, так и аварийное отключение вследствие короткого замыкания или неправильных действий персонала. Для описания подобных процессов в CIM определен класс **Outage** (Вывод из работы).

После формирования заявки, дальнейший рабочий процесс представляется в виде этапов, последовательность выполнения которых строго регламентирована с помощью класса **WorkStatusKind** (Статус работы).

Работа проходит через этапы получения разрешения на работу, подготовки рабочего места, допуска и т.д. По завершении всех необходимых

подготовительных мероприятий бригада, получает задание, и приступает к выполнению работы. Сотрудники бригады с помощью мобильного приложения **NPT Mobile** делают отметки о текущей стадии выполнения работы: прибытии на место работ, перерывах в работе, выявленных и устраненных неисправностях, завершении работ и прочих событиях. Эта информация сразу же попадает в базу данных CIM в виде объектов перечисленных выше классов и позволяет производить детальный контроль выполнения задания.

По завершении задания формируется отчет (класс **Work** (Отчет о работе)), на основании которого производится автоматический анализ выполнения работ, который используется для детальной оценки состояния оборудования и возможной корректировки планирования последующих мероприятий.

### Архитектура программного обеспечения Системы

Программное обеспечение Системы представляет собой Java Enterprise-приложение под названием **NPT Platform**, исполняемое на Сервере приложений. Архитектура NPT Platform изображена на рис. 4.

Хранение информации в Системе осуществляется с использованием базы данных CIM, которая представляет собой СУБД на базе SQL. Связь между приложением и конкретным сервером базы данных абстрагирована с использованием ORM (англ. Object-Relational Mapping, рус. объектно-реляционное отображение), что позволяет использовать в Системе различные СУБД. На данный момент поддерживаются Postgres SQL Server, MS SQL Server, Oracle SQL Server. В базе данных CIM хранится вся информация о профиле CIM (классах, наследовании и ассоциациях), объектах (экземплярах



классов), истории изменения объектов с информацией о пользователях, которые внесли эти изменения. Дополнительно в базе данных CIM могут сохраняться файлы, привязанные к объектам CIM (или ссылки на документы, хранимые в системе электронного документооборота заказчика). Например, при автоматической фиксации отключения линии к объекту могут быть прикреплены осциллограммы аварийных процессов в формате COMTRADE. Файлы также могут применяться для хранения документации (PDF, DWG и др.) по активам. При использовании модуля управления производственными процессами хранение текущего состояния процессов также осуществляется в базе данных CIM.

Автоматизация обработки информации осуществляется с использованием модуля *CIM Script* (рис. 5). Система обладает широкими возможностями логической обработки данных. В основе модуля логической обработки находится универсальный язык *ECMA Script 6 (JavaScript)*, который позволяет производить создание и удаление данных, редактирование, фильтрацию и многое другое. Скрипты позволяют работать с объектами по событиям, поступающим из других программных модулей, например, формировать автоматические отчеты о фиксации неисправностей, обрабатывать информацию, поступающую с мобильных приложений персонала, производящего обслуживание оборудования и прочее.

Автоматизация производственных процессов (в том числе планирование ремонтов) осуществляется с использованием модуля *BPM (Business Process Management)*. Его задачей является хранение текущего состояния производственных процессов и формирование событий при переходе от одного состояния в другое. Обработка событий, формируемых в данном модуле, осуществляется с использованием модуля *CIM Script*. Например, при завершении осмотра оборудования может быть автоматически запущен процесс анализа состояния по данным осмотра и формирования e-mail рассылки заинтересованным лицам. Создание алгоритмов производственных процессов осуществляется в графическом виде через *Web-интерфейс Системы*.

Организация простых периодиче-

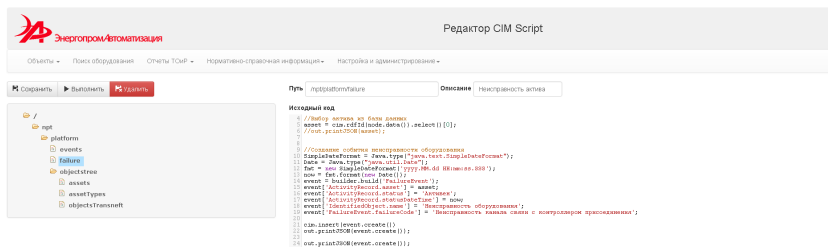


Рис. 5. Редактор *CIM Script*

ских процессов производится с помощью специализированного модуля *Schedule*. Например, пользователь может запланировать какое-либо событие, и Система в нужный момент выдаст напоминающее сообщение или сформирует соответствующий объект.

Контроль доступа пользователей к Системе, а также контроль внесенных изменений реализуется с помощью модуля *Security*. Аутентификация и авторизация пользователя осуществляется при входе в Систему, при этом поддерживается интеграция с корпоративными средствами контроля учетных записей, такими как *Active Directory*. На основании ролей (данных авторизации пользователей) производится разграничение прав доступа к объектам Системы. Например, может быть ограничен доступ к отдельным деревьям объектов, самим объектам или их свойствам.

Доступ пользователей к Системе осуществляется с помощью *Web-интерфейса*, специализированных приложений, поддерживающих инте-

грацию с *NPT Platform (SCADA Studio, SCADA NPT Expert и SCADA NPT Expert Plus и др.)*, и мобильного приложения для ОС *Android – NPT Mobile*.

*Web-интерфейс (CIM Browser)* предназначен для администрирования Системы и просмотра хранящейся в базе данных информации. Информация представлена в виде карточек объектов, где каждая карточка соответствует одному объекту в CIM (рис. 6). Поля в карточках визуализированы в соответствии с типом данных свойств объекта. Свойства объекта в карточке разбиты на группы, где каждая группа соответствует свойствам класса в порядке наследования классов. Модель данных CIM обладает довольно сложной структурой, представляющей из себя ориентированный граф, в котором вершинами выступают объекты, а связями – ассоциации между объектами. Система позволяет осуществлять удобную навигацию между объектами с помощью построения деревьев объектов, а также посредством ссылок, использующих уникальный идентификатор CIM. Выборка информации

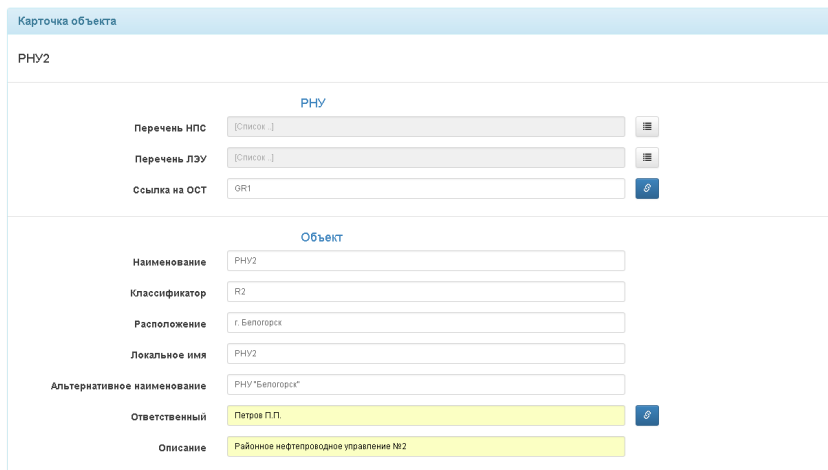


Рис. 6. Карточка объекта





в древовидной форме осуществляется с использованием *CIM Script* на стороне сервера Системы. Древовидное представление удобно для разделения информации по функциональному признаку, например, дерево оборудования, дерево микропроцессорных устройств и т.д.

Отображение информации в Web-интерфейсе может быть адаптировано под нужды заказчика с использованием *Редактора отображения* (рис. 7). Редактор отображения предоставляет возможность создания и редактирования пунктов меню, всевозможных элементов интерфейса: полей для ввода данных, кнопок, выпадающих меню, табличных форм, ссылок и многого другого. Для создания алгоритмов редактора отображения используются универсальные языки *HTML*, *XHTML*, *SVG* и *JavaScript*. С помощью редактора отображения администратор Системы (или системный интегратор) может создать различные формы отображения информации, хранимой в Системе.

Примерами использования редактора отображения являются:

- создание расширенной системы фильтрации и поиска оборудования в БД (рис. 8);
- отображение информации о годовых и многолетних графиках технического обслуживания оборудования (рис. 9);
- визуальное выделение проблемного оборудования (рис. 10).

Помимо создания элементов интерфейса, редактор отображения позволяет интегрировать данные из сторонних WEB-приложений и САПР. Например, редактор позволяет интегрировать ГИС-приложения для отображения географического положения объектов (Yandex Maps, Google Maps и др.). Одним из примеров интеграции с САПР является создание интерактивных карт. В Microsoft Visio есть возможность привязки гиперссылок (в том числе ссылок на карточки объектов в Системе) к графическим объектам и сохранения информации в формате SVG. Файл SVG может быть интегрирован в Систему с использованием редактора отображения, таким образом, есть возможность создания интерактивных карт для навигации по объектам CIM.

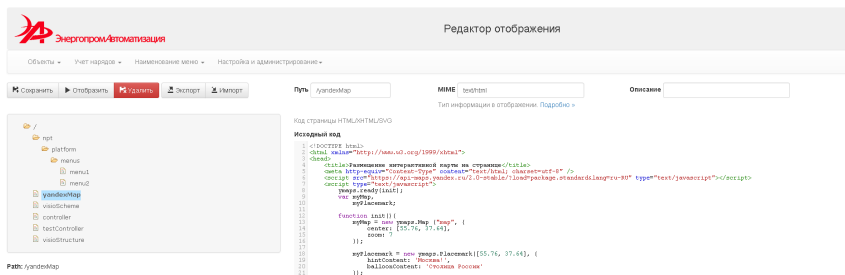


Рис. 7. Редактор отображения

Принципиальное отличие редактора отображения от модуля *CIM Script* заключается в том, что *CIM Script* предназначен для работы с данными базы данных и выполняется на сервере Системы, тогда как алгоритмы отображения исполняются на стороне клиента. Редактор отображения с использованием технологии REST-запросов может обращаться к модулю *CIM Script* для получения информации из базы данных CIM.

Доступ сторонних приложений к информации, хранимой в БД, осуществляется с использованием Web-сервисов. Автоматический сбор информации о состоянии активов осуществляется с использованием стандартного абстрактного интерфейса JMS, при этом благодаря развитому набору специализированных драйверов поддерживаются различные протоколы передачи данных. С помощью модуля автоматической обработки информации *CIM Script* на основании заданных администратором системы критериев формируются новые объекты CIM, которые доступны другим приложениям и поль-

зователям с помощью Web-интерфейса и Web-сервисов. Например, при поступлении сигнала об отказе устройства РЗА/АСУ ТП (отсутствии связи с устройством) система может автоматически сформировать как объект класс *ActivityRecord* с описанием возникшей неисправности, так и задание на обслуживание данного терминала – объект класса *WorkTask*.

Важной особенностью Системы является наличие мобильного приложения *NPT Mobile*, которое позволяет информировать персонал о поступающих задачах, делать отметки о текущем этапе исполнения работ, мгновенно получать актуальную информацию по оборудованию. Мобильное приложение поддерживает считывание QR-кодов, которые размещаются на оборудовании в виде маркировочных наклеек. При считывании QR-кода с помощью мобильного приложения пользователь получает доступ к карточке оборудования, хранимой в Системе, при этом пользователю становится доступна вся информация по данному оборудованию, включая файлы документации или осцил-

Оборудование	Вид оборудования	Дата ввода в эксплуатацию	Дата истечения срока службы (нагреватель)	Срок эксплуатации	Кол-во отказов	ОСТ	РНУ	НПС	Заказ
Магистральный насос	Насос	2010-02-01	2015-02-01	5	20	ОСТ-1	РНУ-1	НПС-1	<a href="#">Получить заявку</a>
Подверный насос	Насос	2011-09-04	2016-09-04	5	10	ОСТ-1	РНУ-1	НПС-2	<a href="#">Получить заявку</a>
Блок гашения ударной волны	Блок	2013-01-15	2018-01-15	5	10	ОСТ-1	РНУ-2	НПС-3	<a href="#">Получить заявку</a>
Предохранительный клапан	Клапан	2013-08-10	2018-08-10	5	3	ОСТ-1	РНУ-2	НПС-4	<a href="#">Получить заявку</a>
Фильтр-деаэрагатор	Фильтр	2010-08-10	2015-08-10	5	7	ОСТ-1	РНУ-2	НПС-1	<a href="#">Получить заявку</a>
Емкость для сбора и хранения нефти	Емкость	2014-02-05	2019-02-05	5	4	ОСТ-2	РНУ-1	НПС-3	<a href="#">Получить заявку</a>
Технологический трубопровод	Трубопровод	2011-04-15	2016-04-15	5	3	ОСТ-2	РНУ-2	НПС-4	<a href="#">Получить заявку</a>

Рис. 8. Поиск оборудования

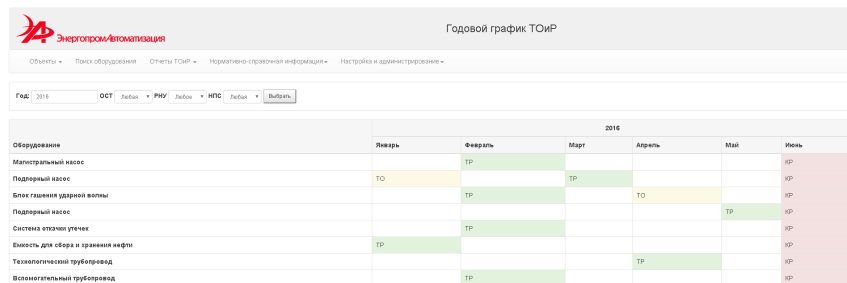


Рис. 9. Годовой график ТОиР

граммы аварийных процессов в Систему (прикрепление файла к объекту аварийного нарушения) может быть запущен сервис обработки данных для расчета данных ОМП. Благодаря открытой архитектуре системы разработку сервисов и дополнительных приложений могут осуществлять сторонние компании.

**Выводы**

В настоящее время многие эксплуатирующие организации стоят перед необходимостью решения вопросов снижения затрат и повышения эффективности труда. Применение Системы позволяет оптимизировать рабочий процесс, унифицировать информацию по оборудованию и упростить доступ к ней. Накопление и анализ статистики эксплуатации оборудования позволяет обеспечить переход к выполнению ремонтных работ в соответствии с фактическим состоянием активов, а также получить возможность прогнозирования и снижения рисков поломок, тем самым повысив надежность эксплуатации оборудования, сократив расходы на производство работ и амортизацию активов.

**Литература**

1. «IEC 61970 Part 301: Common information model (CIM) base»
2. «IEC 61968 Part 4: Interfaces for Records and Asset management»
3. «IEC 61968 Part 5: Interfaces for Operational planning & optimization»
4. «IEC 61968 Part 6: Interfaces for Maintenance & Construction»
5. «IEC 61968 Part 11: Common information model (CIM) extensions for distribution»

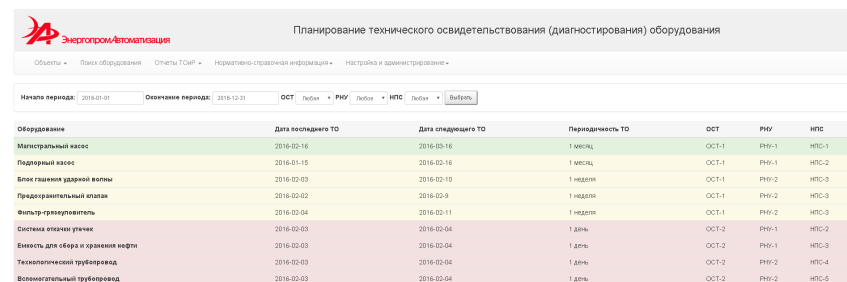


Рис. 10. Выделение проблемного оборудования

логаммы аварийных процессов по терминалам РЗА. С помощью мобильного приложения пользователь может отправлять в Систему данные о своем положении, таким образом, диспетчеру достоверно известно текущее географическое положение оперативно выездных бригад. Эти данные могут быть также интегрированы со SCADA системой в диспетчерском центре (отображаться на мнемосхеме).

Быстродействующая алгоритмическая обработка данных (например, осциллограмм аварийных процессов от

РЗА или данных СМГР), поступающих в Систему, возможна с использованием дополнительных приложений (Сервисов обработки информации), интегрированных с Системой с использованием Web-сервисов или диспетчера сообщений (MQ Broker). Сервисы обработки информации запускаются как процессы операционной системы и могут работать как на том же сервере, так и на других физических серверах, что позволяет обеспечить горизонтальное масштабирование системы. Например, при поступлении осцилло-



**NPT TMR – автоматизированная информационная система технического обслуживания и ремонта оборудования на базе CIM**

**Преимущества системы:**

- Универсальный формат CIM.
- Логическая обработка данных.
- Оценка состояния оборудования.
- Мощный редактор отображения.
- Модульное исполнение.
- Интеграция сторонних приложений.
- Мобильность.