

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ (АСКТП и ТЭ)

А. В. Савицкий, Е. В. Тарасюк

Московский филиал «Центратомтехэнерго» ОАО «Атомтехэнерго», Москва

Проблема энергосбережения и повышение энергетической эффективности была и остается актуальной для всей энергетической отрасли, в том числе и атомной. В связи с этим встал вопрос о разработке автоматизированной системы сбора, обработки информации и представление технико-экономических показателей (ТЭП) и тепловой эффективности энергоблоков.

В 2006 году в ОАО «Концерн Росэнергоатом» при участии ОАО «Атомтехэнерго» была разработана «Программа мероприятий по сокращению потребления тепловой и электрической энергии на собственные нужды (СН) энергоблоков АЭС», утвержденная техническим директором ОАО «Концерн Росэнергоатом» 28 ноября 2006 года. На основании этой программы, а также предложений, поступивших с атомных электростанций (АЭС), ОАО «Атомтехэнерго» совместно с ОАО «Концерн Росэнергоатом» были разработаны «Сводные мероприятия по сокращению потерь тепловой мощности и потребления электрической энергии на СН АЭС на 2007 год». В эти мероприятия была включена работа по внедрению автоматизированной системы контроля технологических параметров и тепловой эффективности (АСКТП и ТЭ). В дальнейшем «Программа мероприятий по сокращению потребления тепловой и электрической энергии на собственные нужды (СН) энергоблоков АЭС» получила поддержку на федеральном уровне. 23 ноября 2009 г. Президент Российской Федерации Д. А. Медведев подписал Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Ранее предпринимались попытки по разработке и внедрению автоматизированных систем сбора, обработки информации и представление ТЭП и тепловой эффективности энергоблоков (Балаковская АЭС, Калининская АЭС, Смоленская АЭС, Ленинградская АЭС). Работы по разработке и внедрению не завершены, методики расчета ТЭП и тепловой эффективности не унифицированы. На сегодняшний день сбор всей необходимой информации и сам расчет ТЭП осуществляются вручную или в небольших приложениях, сделанных в программе MS Office Excel, которые не упрощают задачу. На АЭС обязательными являются ежемесячные отчеты по ТЭП, выполняемые в соответствии с документом «Методические указания по составлению отчета об эффективности и

тепловой экономичности работы атомной электростанции. РД ЭО 0296-01». Эти отчеты не дают возможности оценивать эффективность работы оборудования в реальном времени.

Вопрос о создании автоматизированной системы сбора, обработки информации и представление ТЭП и тепловой эффективности энергоблоков сейчас стоит перед всеми АЭС в России. Кроме того, на АЭС назрела необходимость разработки программы по расчету и анализу ТЭП при проведении тепловых испытаний ЯППУ, турбоустановок, основных систем турбинного отделения и энергоблоков в целом.

Существует ряд проектов автоматизированных систем расчета и представления ТЭП, разработанных российскими организациями. Проекты обладают большими функциональными возможностями: расчет показателей экономичности электростанции, расчет и анализ ТЭП отдельных агрегатов и станции в целом, расчет удельного расхода условного топлива и т. д. Но существует серьезный недостаток всех этих систем – они разрабатывались на нужды тепловых электростанций, на которых успешно используются. Перевод и конфигурирование под особенности АЭС потребует немалых финансовых и временных затрат. На рынке представлены и иностранные проекты, которые внедрены и успешно используются на зарубежных АЭС. Вопрос по использованию иностранных проектов на отечественных АЭС остается открытым. Во-первых, все продукты имеют закрытый программный код. Во-вторых, обязательным условием является установка нового, более точного измерительного оборудования, монтаж которого очень дорог и сложен.

Созданием автоматизированной системы сбора, обработки информации и представление ТЭП и тепловой эффективности энергоблоков АЭС занялся Московский филиал «Центратомтехэнерго» ОАО «Атомтехэнерго». Для внедрения АСКТП и ТЭ был выбран энергоблок № 3 Балаковской АЭС.

АСКТП и ТЭ предназначена для:

– расчета и анализа ТЭП (за заданный промежуток времени), проведения тепловых испытаний в реальном времени систем турбинного отделения, влияющих на экономичность работы турбоустановки, и анализа работы этих систем (регенеративного подогрева основного конденсата и питательной воды, промежуточной сепарации и промперегрева, конденсаторов, деаэраторов и другого оборудования);

– анализа потерь электрической мощности из-за отклонений технологических параметров систем и оборудования от условий нормальной эксплуатации;

– накопления отчетной информации по испытаниям основного оборудования турбинного отделения для разработки нормативных характеристик тепловой эффективности этого оборудования, корректировке уже существующих нормативных характеристик после модернизации оборудования;

– выполнения расчетов и формирования ежемесечных отчетов об эффективности и тепловой экономичности работы блока;

– обеспечения возможности определения качества и прогнозирования сроков ремонта оборудования.

Результаты расчета используются для:

– улучшения ТЭП станции за счет обеспечения непрерывного контроля этих показателей и повышению тепловой эффективности основного оборудования турбинного отделения;

– повышения качества управления технологическими процессами;

– определения действительного состояния основного и вспомогательного оборудования во время протекания технологического процесса;

– построения в реальном времени графиков изменения исходных и расчетных параметров;

– выявления снижения тепловых показателей и выявления причин увеличения потерь воды и тепла;

– возможности определения технического уровня эксплуатации оборудования и анализа деятельности оперативного персонала;

– выявления причин некачественного ремонта;

– выявления недостоверности показаний контрольно-измерительных приборов (КИП) по результатам расчетов и контроля балансов пара, воды, тепла и электроэнергии;

– количественного обоснования необходимости технического обслуживания и ремонта или принятия решения по модернизации оборудования;

– возможности проведения теплотехнических испытаний оборудования с целью определения его характеристик;

– получения отчетной документации о тепловой экономичности энергоблока, как для персонала АЭС, так и для составления отчетности.

Целью создания АСКТП и ТЭ являются:

– создание эффективного инструмента для оценки в реальном времени ТЭП и тепловой эффективности работы энергоблока;

– улучшение и расширение пользовательского интерфейса рабочих мест с возможностью представления различным категориям пользователей информации в виде таблиц, графиков, схем (видеокадров);

– сведение до минимума ручных операций по вводу исходных данных за счет автоматизации сбора и передачи информации в систему от источников информации;

– обеспечение накопления, длительного хранения и возможности работы с информацией, характе-

ризующей тепловую эффективность работы, как отдельного оборудования, так и АЭС в целом.

На стадии проектирования АСКТП и ТЭ формируется проектная база данных (ПБД), которая включает в себя весь объем переменных и их характеристик, требуемый для функционирования системы.

ПБД реализована на стандартной системе управления базами данных (СУБД) Microsoft Access, входящей в пакет программ Microsoft Office.

Разработка процедур ввода информации в ПБД выполнена, в основном, с помощью стандартных операций СУБД. В ряде случаев стандартные операции дополнены программами на языке Visual Basic for Applications (VBA). Информация о переменных объекта вводится в ПБД в разработанные формы ввода и коррекции, для вызова которых разработаны кнопочные формы управления ПБД (рис. 1). Все данные для переменной вводятся однократно. При наличии общих для групп переменных данных или наличии количественных ограничений данные выбираются из заранее заданных справочников. Предусмотрена возможность коррекции справочников. Ряд основополагающих величин не подлежат коррекции.



Рис. 1. Кнопочная форма управления ПБД

В состав АСКТП и ТЭ входят следующие подсистемы:

1. Подсистема сбора и подготовки данных.
2. Подсистема расчета показателей тепловой эффективности.
3. Подсистема анализа отклонений расчетных показателей.
4. Подсистема визуализации.
5. Подсистема генерации отчетов.
6. Подсистема архивирования.
7. Подсистема диагностики.
8. Подсистема настройки (редактор видеокадров, редактор шаблонов отчетов).

1. Подсистема сбора и подготовки данных.

Подсистема позволяет импортировать в АСКТП и ТЭ информацию об аналоговых и дискретных параметрах оборудования, которую формирует информационная вычислительная система энергоблока.

Подсистема выполняет следующие функции:

1) сбор данных от источников информации с периодичностью 2 секунды. Периодичность может быть уменьшена до времени опроса датчиков, при этом существует возможность ручного ввода показаний автономных и переносных датчиков, а входные данные имеют метку времени, присвоенную в источнике информации, кроме данных ручного и автоматизированного ввода, для которых метка времени привязывается к текущему системному;

2) контролируется достоверность, формируется признак достоверности и производится корректировка входных данных по признакам достоверности, установленным в источниках информации, по результатам сравнения показаний резервированных каналов и по результатам сравнения показаний технологически взаимосвязанных каналов;

3) фильтрация от пульсаций мгновенных значений технологических параметров;

4) усреднение входных данных на оперативном (15 минут), часовом, сменном (8 часов), месячном и годовых интервалах по алгоритмам усреднения.

2. Подсистема расчета показателей тепловой эффективности.

Подсистема осуществляет расчет параметров технологических сред на основе данных, подготовленных подсистемой сбора, на следующих временных интервалах: оперативном, часовом, сменном, суточном, месячном и годовом. Проводит расчет показателей тепловой эффективности с учетом режима работы энергоблока. Алгоритмы расчета формируются с помощью специального интерфейса, в котором заложены стандартные арифметические и логические операции, а также набор функций для расчета усреднения и параметров технологических сред. Интерфейс использует язык верхнего уровня, понятный персоналу технологического отдела, и позволяет создавать любые алгоритмы, необходимые для расчетов, при этом не требуются знания специальных языков программирования. Интерфейс конструктора алгоритмов представлен на рис. 2.

3. Подсистема анализа отклонений расчетных показателей.

Подсистема проводит расчет отклонений показателей тепловой эффективности от их нормативных значений.

4. Подсистема визуализации.

Подсистема позволяет получать визуальную информацию о технологических процессах в реальном времени, выводить информацию в виде графиков, сигнализировать о выходе параметров за уставки.

Видеокадры АСКТП и ТЭ разделены на следующие группы:

- 1) системные видеокадры;
- 2) технологические видеокадры;
- 3) видеокадры ручного ввода входных данных.

Системные видеокадры представляют собой структурные схемы технических средств АСКТП и ТЭ, которые отображают автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей с индикацией со-

стояния и режим работы серверов системы.

На *технологических видеокадрах* изображается следующее оборудование второго контура реактора ВВЭР 1000:

- регенеративная установка (ПНД, ПВД);
- система сепарации и промежуточного перегрева (СПП);
- питательные турбонасосные агрегаты (ТПН-1, ТПН-2);
- конденсационная установка (КНД);
- теплофикационная установка (ТФУ);
- турбинная установка (ЦНД, ЦВД).

На рис. 3 представлен технологический видеокадр RH02 системы регенеративного подогрева (ПНД-3). Здесь отображены:

- входная аналоговая информация, которая представляет собой значения аналоговых параметров, измеряемых на технологическом оборудовании;
- входная дискретная информация, которая представляет собой значения дискретных параметров, однозначно характеризующих положение двухпозиционных органов тепловой схемы (запорная арматура и перекачивающие механизмы).

На *видеокадрах ручного ввода входных данных* отображены параметры, к которым относятся различные характеристики оборудования, расчетные и нормативные величины, поправочные коэффициенты и др. (рис. 4).

В правой части рабочей области подсистемы визуализации находится псевдоклавиатура для вызова видеокадров и отображения групповой сигнализации. Подсистемой предусмотрены предупредительные и аварийные сигнализации при выходе параметров за пределы технологических уставок, что позволяет своевременно обнаруживать отклонения в работе. Если видеокадр активен, то на нем появится световая индикация того параметра, значения которого вышли за уставки. Если видеокадр не активен, то световая индикация появится на кнопке вызова видеокадра псевдоклавиатуры. Предупредительная сигнализация обозначена желтым цветом, аварийная – красным.

По каждому параметру на видеокадрах можно вывести краткую (рис. 5) и расширенную справки (рис. 6).

Расширенная справка предоставляет полную информацию по необходимому параметру, которая содержится в ПБД.

Изменения входных и расчетных параметров можно представить в виде графиков. Вывод графиков осуществляется в отдельное окно. В окне графиков отображаются инструментальная панель, графики и значения аналоговых или состояния дискретных переменных. На график можно вывести до 8 параметров. Значения и состояния параметров сопровождаются идентификаторами, а для аналоговых параметров – единицами измерения. При выходе отображаемого параметра за уставки сигнализации цвет его графика меняется. Кроме того, предусмотрено трехмерное изображение графиков, которое представлено на рис. 7.

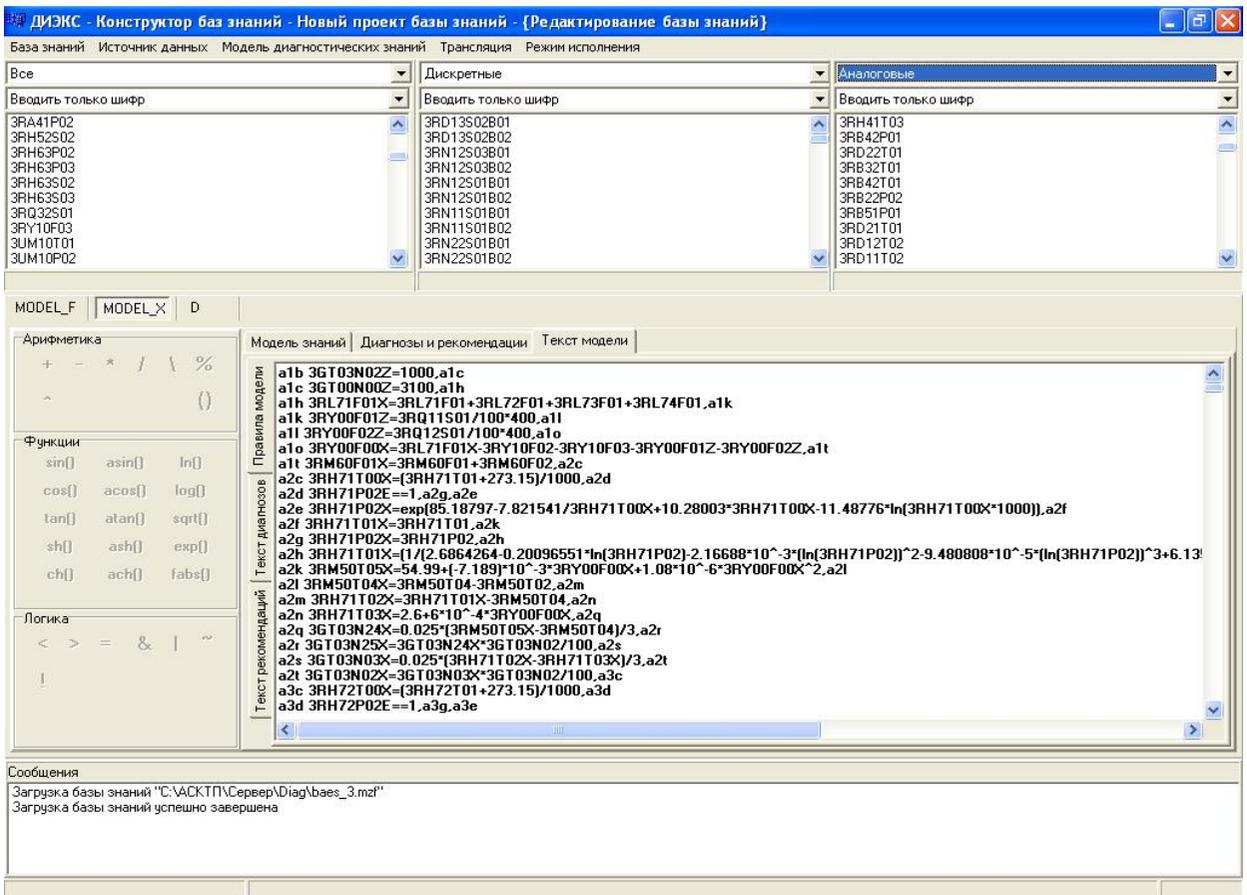


Рис. 2. Интерфейс конструктора алгоритмов

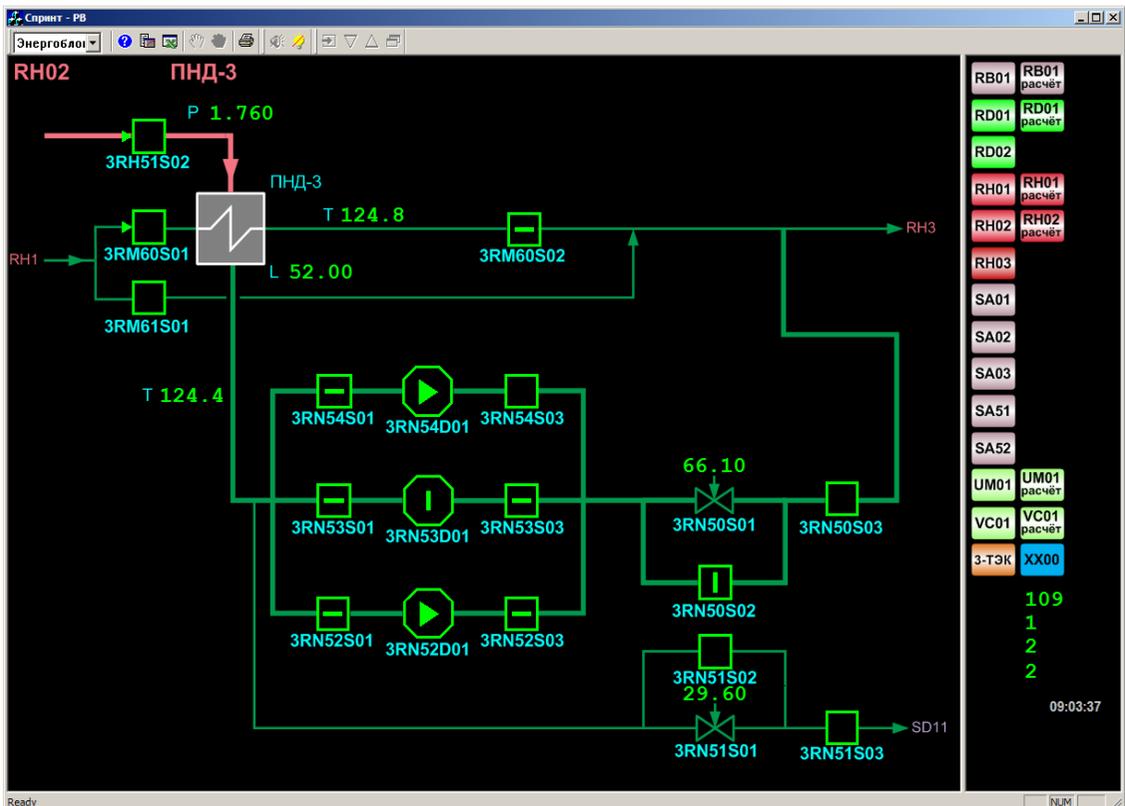


Рис. 3. Видеокадр системы регенеративного подогрева RH02

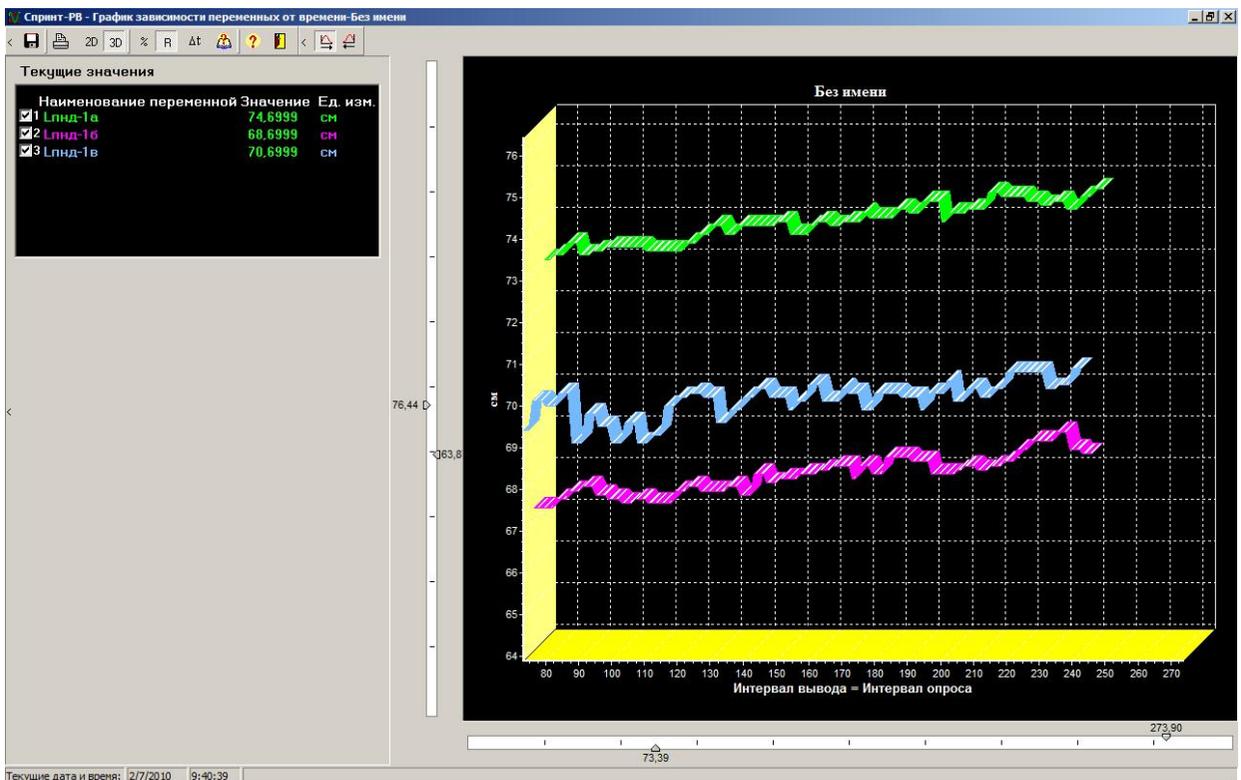


Рис. 7. Графическое представление изменения параметров во времени

5. Подсистема генерации отчетов.

База шаблонов бланков предназначена для получения в процессе функционирования АСКТП и ТЭ оперативных отчетов определенной формы.

Тип бланка определяется типом хранения данных и указывается на стадии создания нового шаблона:

- 1) оперативный (данные берутся из оперативной БД);
- 2) архивный (данные берутся из архивной базы данных).

Дополнительная (справочная) информация для всех типов бланков хранится в справочной базе данных ПБД.

Тип бланка хранится вместе с шаблоном этого бланка.

Шаблон бланка формируется в таблице формата Excel.

Каждый шаблон бланка представляет файл *.xls.

6. Подсистема архивирования.

Архивирование предназначено для ведения оперативного и долгосрочного архивов данных и работы с ними. В оперативном архиве содержатся данные за фиксированный период, предшествующий текущему моменту времени. Длительность фиксированного периода определяется на стадии разработки, исходя из системных возможностей технических средств и реальной оценки информационных потоков.

Модуль хранения данных включает в себя:

- 1) приложение СУБД (Oracle), выполняющее процедуры обслуживания архивных таблиц;
- 2) модуль ведения архива;

3) модуль отображения архивных данных в виде графика;

4) интерфейс запуска отображения.

Модуль ведения архива осуществляет прием текущих значений данных из оперативной базы данных, запись их в базу данных оперативного архива посредством обращения к архивному серверу, и удаление устаревших данных из оперативного архива и перезапись данных в долгосрочный архив.

Архивируются следующие наборы данных, усредняемые на оперативном интервале (за час, смену, сутки, месяц, год): данные, подготовленные подсистемой сбора, расчетные параметры технологических сред и вспомогательные величины, показатели тепловой эффективности. Данные архивируются по каждому временному интервалу независимо друг от друга. Подсистема архивирования рассчитана на хранение входных и расчет данных не менее чем на одну топливную компанию (3 года). Более старая информация храниться на оптических носителях.

7. Подсистема диагностики.

В подсистеме диагностики контролируются состояния:

- 1) технических средств системы;
- 2) программных средств;
- 3) каналов связи;
- 4) архива;
- 5) текущие подключения АРМ.

8. Подсистема настройки.

Подсистема состоит из редакторов видеокadres и шаблонов.

Редактор видеокладов представляет собой инструментально-программный пакет, предназначенный для формирования видеокладов, которые отображают технологический процесс. Редактор видеокладов позволяет создавать новые видеоклады и редактировать уже существующие, а также включать готовые видеоклады в создаваемые проекты. Проект – это совокупность поименованных файлов видеокладов иерархической структуры. Все видеоклады связаны между собой ссылками, обеспечивающими их вызов.

Видеоклады создаются с использованием следующих исходных документов:

- 1) технологических эксплуатационных схем;
- 2) ПВД.

Каждый видеоклад создается с помощью следующих шагов:

- 1) формируется статический слой видеоклада (файл формата *.bmp);
- 2) на статический слой накладываются динамические элементы (файлы формата *.ocx);
- 3) динамические элементы связываются с переменными базы данных (файлы формата *.mdb);
- 4) видеоклад сохраняется в виде файла формата *.vim.

Статический слой видеоклада создается с помощью стандартных графических средств. Для создания статических элементов используется программный продукт Microsoft Office Visio.

Динамические элементы представляют на видеокладе изменяющиеся значения аналоговых измеренных и расчетных параметров, состояния дискрет-

ных и логических параметров и активные элементы, которые позволяют переходить от одного видеоклада к другому. Каждый динамический элемент представляет собой элемент пакета ActiveX (*.ocx). Для создания динамических элементов используется среда MS Visual C++ 6.0.

Редактор видеокладов представлен на рис. 8.

Редактор шаблонов позволяет создать базу шаблонов на основе бланков, утвержденных предприятием.

Все подсистемы АСКТП и ТЭ являются настраиваемыми, что позволяет адаптировать систему под особенности промышленного объекта за короткий срок.

Внедрение АСКТП и ТЭ на энергоблок №3 Балаковской АЭС планируется завершить в четвертом квартале 2010 г. По результатам промышленной эксплуатации АСКТП и ТЭ в 2011 г. будет принято решение о дальнейшем развитии системы на всех действующих энергоблоках РФ.

Основное развитие данной системы – это создание единой системы мониторинга состояния и эффективности работы основного оборудования всех энергоблоков. Удаленный доступ Кризисного центра ОАО «Концерн Росэнергоатом», центров технической поддержки к системам мониторинга ТЭП и тепловой эффективности АЭС позволит своевременно решать вопросы по повышению эффективности работы блоков, а так же контролировать результаты проведенных работ по сокращению потерь тепловой мощности и потребления электрической энергии на СН.

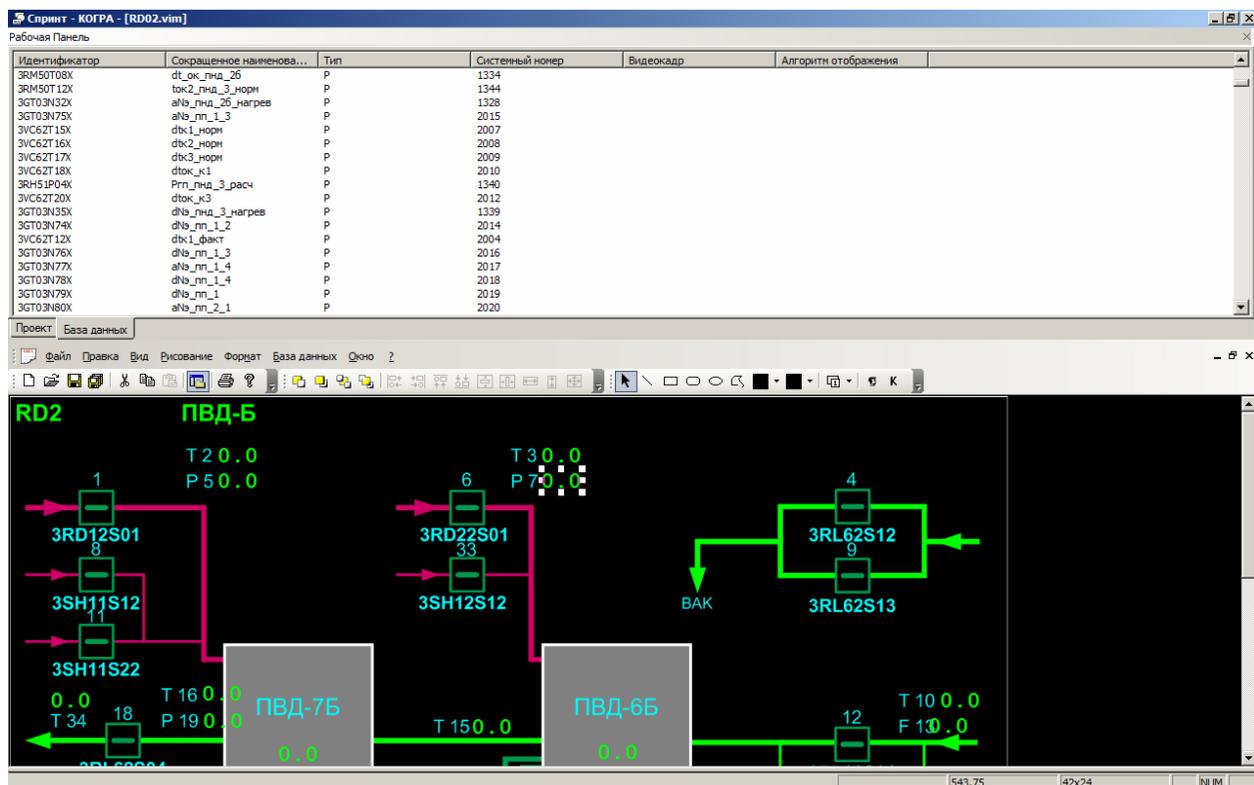


Рис. 8. Редактор видеокладов