

Информационное агентство  
Энергопресс

4'2010

# Новое в российской электроэнергетике



*С праздником!*



# НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

## Ежемесячный электронный журнал

### № 4 апрель 2010 г.

Объединенный редакционный совет издательств ООО «Стрижев-Центр»  
и ООО «Информационное агентство «Энерго-пресс»

**Председатель – Серебрянников Сергей Владимирович**, ректор Московского энергетического института  
(Технического университета)

**Заместитель председателя – Михайлов Сергей Алексеевич**, директор Департамента государственной энергетической политики и энергоэффективности Министерства энергетики Российской Федерации, главный редактор газеты «Энерго-пресс»

**Заместитель председателя – Паули Виктор Карлович**, председатель Совета директоров ЗАО «Наставник-ТехЭнерго», председатель Правления НП «Союз инженеров-электриков», заведующий кафедрой инженерного менеджмента МЭИ (ТУ), главный редактор журнала «Охрана труда за рубежом»

#### Члены Совета

**Шульгинов Николай Григорьевич**, первый заместитель председателя Правления ОАО «СО ЕЭС»

**Зубакин Василий Александрович**, заместитель председателя Правления ОАО «РусГидро»

**Загретдинов Ильяс Шамилович**, заместитель генерального директора – технический директор ОАО «Группа Е-4»

**Громогласов Александр Аркадьевич**, главный редактор издательств «Стрижев-Центр» и «Энерго-пресс»

**Воронов Виктор Николаевич**, заведующий кафедрой Московского энергетического института (Техни-

ческого университета), главный редактор журнала «Новое в российской электроэнергетике»

**Росляков Павел Васильевич**, проректор Московского энергетического института (Технического университета)

**Пильщиков Аркадий Павлович**, доцент Московского энергетического института (Технического университета)

**Громогласов Сергей Александрович**, заместитель директора агентства «Энерго-пресс» – ответственный секретарь

#### Редколлегия

Главный редактор –  
**Воронов В.Н., д.т.н.**  
Первый заместитель главного редактора –  
**Зорин В.М., д.т.н.**  
Заместитель главного редактора –  
**Громогласов А.А., д.т.н.**  
Ответственный секретарь –  
**Галтеева Е.Ф., к.т.н.**

#### Члены редколлегии:

**Аракелян Э.К., д.т.н.**  
**Богуш Б.Б.**  
**Васин В.П., д.т.н.**  
**Верещагин И.П., д.т.н.**  
**Жуков Ю.И., к.т.н.**  
**Загретдинов И.Ш.**  
**Лавыгин В.М., к.т.н.**  
**Львов М.Ю., к.т.н.**  
**Мелихов О.И., д.т.н.**  
**Мисриханов М.Ш., д.т.н.**  
**Паули В.К., д.т.н.**  
**Пильщиков А.П., к.т.н.**  
**Росляков П.В., д.т.н.**  
**Рыженков В.А., д.т.н.**  
**Рябов М.И., к.т.н.**  
**Седлов А.С., д.т.н.**  
**Соляков В.К., к.т.н.**  
**Томаров Г.В., д.т.н.**

#### Содержание

Стр.

О подписке на электронные журналы «НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ» и «ОХРАНА ТРУДА ЗА РУБЕЖОМ»

3

#### Перспективы развития электроэнергетики

Энергетическая стратегия России на период до 2030 года  
(продолжение)

5

#### В помощь производству

Тенденции развития и новые технические решения КРУ 6(10) кВ. К.т.н. Е.Г. Акимов (МЭИ-ТУ)

16

Электронный атлас чертежей энергетического оборудования: проблемы и решения. Инж. Москвин К.В., инж. Хлебков А.В. (ОГК-3), д.т.н. Очков В.Ф., инж. Писков В.Н. (МЭИ-ТУ), инж. Очков А.В. (ООО «Триеру»)

29

Потери давления в тройниках трубопроводных систем. К.т.н. С.Б. Горуневич (Усть-Илимская ТЭЦ)

38

#### Охрана труда

Аппаратное обеспечение для количественной оценки профессионального риска заболеваний органов дыхания на предприятиях энергетики. Инж. А.М. Боровкова (МЭИ-ТУ)

50

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, Свидетельство о регистрации: Эл № 77-2655 от 17.04.2000.

Согласно постановлению Правительства РФ от 20 апреля 2006 г. № 227 «К опубликованным работам, отражающим основные научные результаты диссертации, приравниваются публикации в электронных научных изданиях, зарегистрированных в Федеральном государственном унитарном предприятии «Научно-технический центр «Информрегистр». Журнал зарегистрирован в НТЦ «Информрегистр» на 2010 год под № 55.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ АТЛАС ЧЕРТЕЖЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**Инж. Москвин К.В., инж. Хлебов А.В. (ОГК-3),  
д.т.н. Очков В.Ф., к.т.н. Пильщиков А.П., инж. Писков В.Н. (МЭИ-ТУ),  
инж. Очков А.В. (ООО «Триеру»)**

Представим себе типовую ситуацию для эксплуатационного или ремонтного персонала электростанции, которой мы уже касались в [1, 2].

Шкаф в кабинете некой инженерной службы электростанции или энергообъединения (ТГК, ОГК и др.) забит чертежами («синьками»), воспользоваться которым по ряду причин бывает очень сложно, а порою и невозможно. Вот некоторые из этих причин:

1. Чертежи зачастую сложены в шкафу без какой-либо системы, что затрудняет их поиск или вообще делает его невозможным. Возвращаясь к началу абзаца, можно слово «сложены» заменить на слово «свалены».

2. Если и имеется каталог чертежей с указанием конкретного места их хранения, то он часто находится в... голове конкретного специалиста электростанции, который при необходимости может быстро найти нужную графическую информацию. Но этого человека могут в любой момент в аварийном порядке сократить или отправить на пенсию, не дав ему толком возможности передать свои знания сменщику.

3. Качество «синек» из-за интенсивного их использования (сгибания-разгибания) или плохого хранения часто, мягко говоря, оставляет желать лучшего. Чертежи из-за этого просто стыдно показать во время, например, технической учебы. С другой стороны, на чертежах могут быть очень важные рукописные заметки, сделанные специалистами, много лет с этими чертежами работавшими. Так что «чистка» чертежей (ручная или компьютерная) при переводе их в электронный вид является обязательным этапом создания электронного архива. Эта работа должна быть «интеллектуальной» – одно дело убрать из «синьки» след от стакана с чаем, а другое – не просто оставить ценную еле видимую карандашную заметку, но и разобрать почерк специалиста, ее писавшего, перевести рукописный текст в печатный. Помимо этого, заметки на синьках часто отображают проводившуюся модернизацию оборудования. К восстановлению отсутствующих на «синьках» деталей тоже нужно относиться «с умом» – одно дело нечитаемость на чертеже размеров важного зазора, а другое – потертость на штриховке<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Кстати, о штриховке. Компьютеры с их цветными дисплеями и принтерами позволяют отказаться от традиционной штриховки на чертежах тонкими косыми линиями, иногда «оттеняющими» собой отдельные мелкие детали на чертеже – зазоры между деталями и т.д. Альтернативой штриховке может быть цветная заливка наподобие той, какую можно увидеть на географических картах. С другой стороны, пользователям компьютерной программы нужно оставить возможность возврата к традиционной штриховке, т.к. это более привычно, штриховка делается в соответствии со стандартами (ЕСКД) и даже из-за того, что среди пользователей могут быть дальтоники.

4. Чертежи, как правило, сопровождаются описаниями, которые хранятся «в других» шкафах. Кроме описаний, «синьки» «обросли» различного рода инструкциями, руководящими указаниями (РД), отраслевыми стандартами, приказами и прочими полезными документами, к которым также желательно иметь оперативный доступ при работе с чертежами.

5. Необходимые чертежи могут отсутствовать на конкретной электростанции. Но эти чертежи могут быть на другой электростанции с аналогичным оборудованием, входящей, например, в одно энергообъединение (ОГК, ТГК и т.п.) и нуждающимися в данных чертежах. «Синьку» трудно передать, так как ее копирование трудоемко и еще более снижает ее качество. Но электронные версии чертежей можно быстро и многократно копировать без малейшей потери качества и передавать через компьютерные сети (например, через Интернет).

Заказ новых чертежей у завода-изготовителя бывает проблематичен. Если такие чертежи сохранились, то завод их так просто не передаст другой организации из-за опасения, что кто-то наладит контрафактный выпуск или ремонт данного оборудования. Если же завод и готов передать чертежи, то, пользуясь своим монопольным положением, запросит за них «запредельные» суммы денег.

ООО «Триеру» совместно со специалистами Московского энергетического института (Технического университета) разработало технологию «вдыхания второй жизни» в такого рода техническую документацию и выполнило эту работу для одной из ОГК [3, 4]. При выполнении этой работы было создано программное обеспечение, позволяющее конечному пользователю работать с электронным архивом чертежей, и создано «наполнение» для этой программы – отсканированы и переведены в электронный вид «синьки», описания, спецификации и т.п.

Важным элементом программного обеспечения электронного архива чертежей является средство просмотра чертежей. Данные, на основании которых компьютер может создать на экране (или на принтере) изображения, бывают двух типов: растровые и векторные. Растровые данные представляют собой сетку из отдельных точек (пикселей), совокупность которых создает видимое изображение. Векторные данные описывают изображение как совокупность отдельных графических примитивов – линий, окружностей и дуг, кривых, текстовых строк и т.д. Для получения видимого изображения компьютерная программа должна «пройтись» по всем графическим примитивам и нарисовать на экране (или листе бумаги, если изображение выводится на печать) все видимые в данный момент примитивы. Можно сказать, что при работе с растровым изображением программа уже имеет заранее нарисованное изображение, которое нужно только вывести на графическое устройство (с учетом ряда факторов – масштаба, видимой области и т.п.), а при работе с векторным – инструкцию о том, что, где и как нужно нарисовать на графическом устройстве.

Оба способа хранения графической информации имеют свои достоинства и недостатки.

Растровые изображения являются наиболее распространенными в компьютерной графике. Большинство изображений, которые пользователь видит на экране своего компьютера, хранятся в растровом виде – это различные значки в интерфейсе программ, заставки рабочего стола, фотографии и изображения в Интернете и т.п. Широкая распространенность растровых форматов в первую очередь связана с тем, что их достаточно просто создавать (например, при помощи сканирования изображений) и впоследствии выводить на различные графические

устройства (как говорилось раньше, изображение уже нарисовано, нужно просто скопировать его на устройство).

Основными недостатком растровых изображений является большой объем хранимых данных и значительная потеря качества при изменении масштаба изображения (как при увеличении, так и при уменьшении) или при повороте изображения.

Векторные изображения в основном используются в полиграфии и компьютерном проектировании. Применение векторных форматов в этих областях связано в первую очередь с тем, что векторные изображения значительно проще изменять в программах редактирования. На экране компьютера и напечатанные на бумаге векторные данные обеспечивают для текущего масштаба или угла поворота максимальное качество изображения.

К недостаткам векторных изображений можно отнести сложность их создания – простое сканирование «синьки» создает растровое изображение, которое впоследствии нужно перевести в векторный формат. И, несмотря на то, что существует большое количество программ, призванных автоматизировать процесс «векторизации», это все равно остается кропотливой ручной работой. Кроме того, для просмотра векторных изображений приходится создавать значительно более сложные (по сравнению с растровыми форматами) программы. Скорость рисования на экране сложных векторных изображений (содержащих десятки тысяч отдельных примитивов) значительно ниже, чем при простом копировании из памяти готового растрового изображения. При этом нужно учитывать и то, что при изменении параметров вывода (например, масштаба, видимой области и т.п.) рисование всех видимых примитивов векторного изображения нужно выполнить заново.

«Недостатки» векторных изображений, о которых говорилось в предыдущем абзаце, являются таковыми только для разработчиков электронного атласа чертежей оборудования, и конечным пользователям продукта, конечно же, более удобно пользоваться векторными чертежами. Главным образом это связано с тем, что векторные чертежи обеспечивают наиболее высокое качество изображения.

Хорошо бы, конечно, все «синьки» конкретной электростанции, энергообъединения или даже всей российской электроэнергетики перевести в векторный формат и поместить в качественную программную среду, обеспечивающую быстрый поиск и отображение всей технической документации. Но такая работа потребует колоссальных усилий и закончится тогда, когда само данное энергетическое оборудование будет выведено из эксплуатации и заменено новым или существенно модернизированным.

Вышесказанное определило то, что описываемая в статье работа была некоей чередой компромиссов. Естественно, не все чертежи из «шкафов с синьками» были переведены в электронный вид. Чертежи предварительно были отсортированы по степени их востребованности эксплуатационным и ремонтным персоналом энергопредприятия и в электронный вид были переведены только наиболее нужные из них. Отобранные таким образом «синьки» были отсканированы на специальном широкоформатном сканере, в результате чего были получены «сырые» растровые изображения. Далее, наиболее важные и сложные чертежи, где есть много важных зазоров и соединений (разрезы турбин, в первую очередь), были тщательно переведены в векторный формат.

Процедура перевода растровых чертежей в векторный формат состоит в следующем. Отсканированная растровая «синька» загружается в векторный редактор (например, AutoCAD), после чего она используется в качестве подложки для вновь создаваемого чертежа. Далее, специалист, хорошо знающий сам предмет «оцифровки» (турбину, котел, насос, вентилятор и т.д.), тщательно обводит векторными примитивами растровое изображение, создавая векторный чертеж<sup>2</sup>. При этом, с некоторыми потертыми местами приходилось работать особенно тщательно – например, сравнивать «синьки» продольных и поперечных разрезов, чтобы восстановить нужную деталь. После завершения рисования векторного чертежа растровая подложка удаляется.

Как уже говорилось, это достаточно кропотливая работа, которую должен выполнять высококлассный специалист. Чем больше чертежей будет переведено в векторный формат, тем более дорогостоящей будет вся работа по созданию электронного атласа. Поэтому некоторые чертежи (по согласованию с заказчиком) были оставлены в растровом формате. При этом на «внешний вид» растрового чертежа влияет не столько то, что он хранится в растровой форме («синьки» были отсканированы с большим разрешением, и при просмотре на экране они распадутся на отдельные «квадратики» только при очень большом увеличении»), но и качество самой исходной «синьки». Как известно, на «синьках» очень много мелких посторонних точек, сливающихся в сплошной фон. На рис. 1 представлен фрагмент отсканированной «синьки»; на нем виден серый фон из мусорных точек.

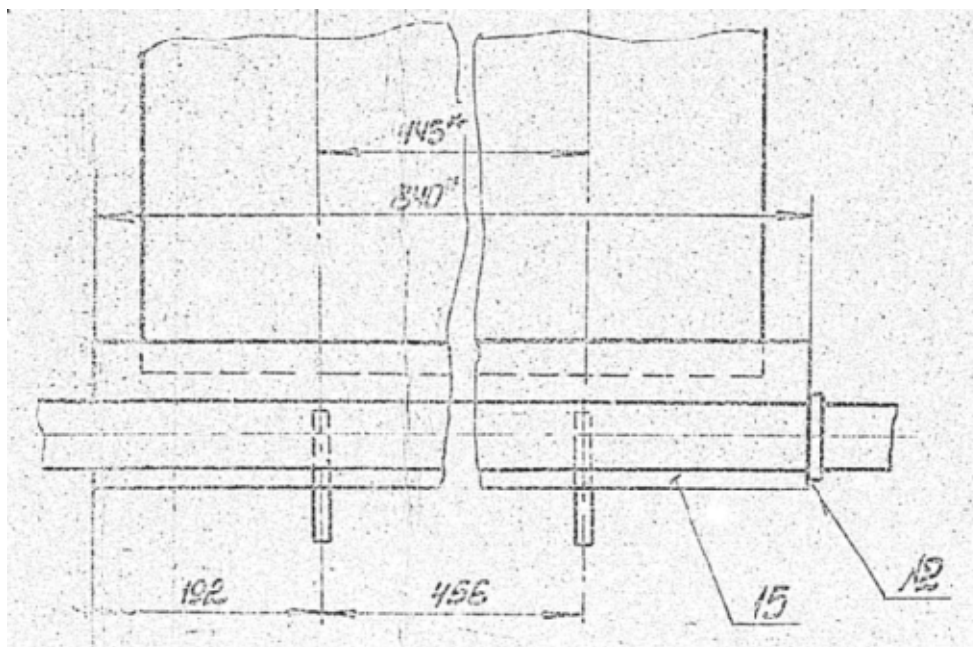


Рис. 1. Фрагмент отсканированной неочищенной «синьки»

<sup>2</sup> Этот процесс очень напоминает докомпьютерное «стекление» чертежей, когда на стекло, расположенное над лампой, помещался исходный чертеж, поверх него – чистый лист ватмана, и просвечивающие контуры изображения обводились карандашом или рейсфедером.

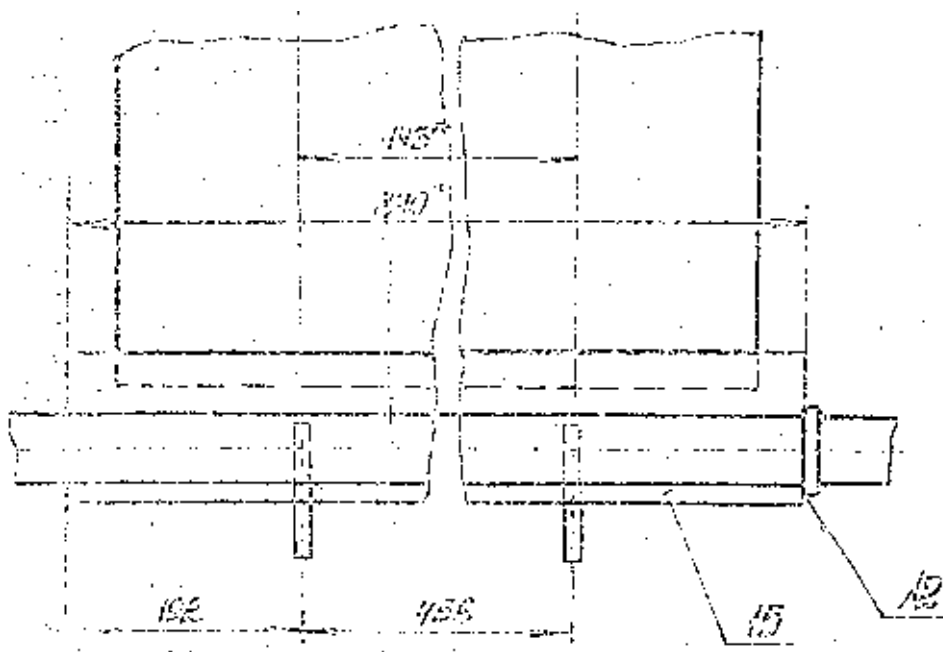


Рис. 2. Фрагмент очищенной от мусора «синьки»

При выполнении автоматической очистки таких растровых изображений в специализированных программах неизбежно будут стерты различные мелкие детали чертежа. На рис. 2 представлен тот же фрагмент «синьки», прошедший процедуру автоматической очистки от мусора. На рисунке отчетливо видно, что информация о размерах с чертежа уже практически не считывается, хотя контуры оборудования по-прежнему хорошо просматриваются.

Ручная очистка отсканированных «синек» является не менее (а иногда даже более) трудоемкой операцией, чем создание векторного чертежа.

При создании атласа были предприняты попытки использовать автоматическую очистку «синек» от мусора. При этом был замечен следующий эффект – при выводе на экран очищенная «синька» выглядит значительно лучше, чем «сырая» (неочищенная) в том случае, если используется небольшое увеличение. Мелкие (наиболее страдающие при автоматической очистке) детали при небольшом увеличении были бы и так не видны, а сохранившиеся контуры оборудования отчетливо видны на белом фоне. С другой стороны, неочищенная «синька» при небольшом увеличении превращается в «серое пятно». И, наоборот, при большом увеличении неочищенная «синька» предоставляет пользователю гораздо больше информации.

Исходя из этого, в средстве просмотра чертежей был реализован специальный алгоритм для работы с растровыми изображениями, позволяющий работать с двумя растрами – очищенным и «сырым». При небольшом увеличении на экран выводится очищенное изображение, но когда коэффициент увеличения превышает некоторый заранее заданный порог, на экран выводится неочищенное изображение. На рис. 3 показано, как программа использует два растровых изображения – в окне инструмента «Лупа» выводится увеличенное неочищенное изображение.

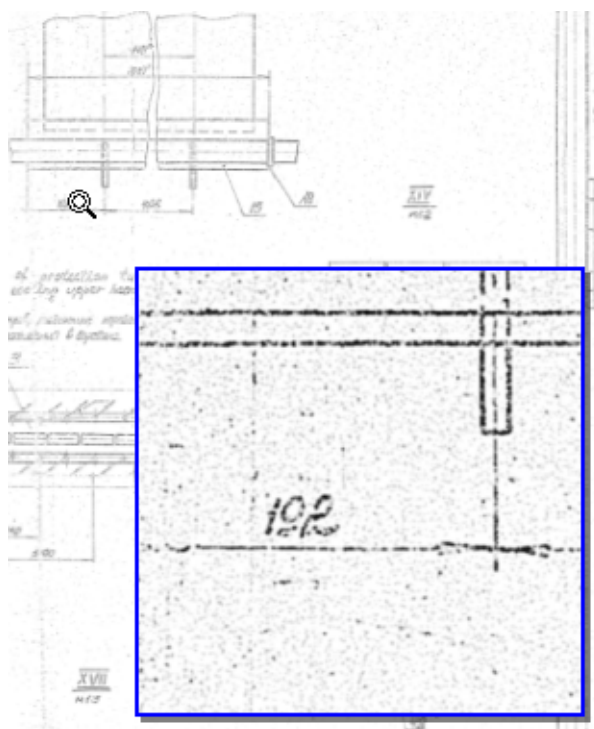


Рис. 3. Использование очищенного и неочищенного растровых изображений

Создание электронных копий чертежей (как векторных, так и растровых) представляет собой только часть работы по созданию электронного атласа. Для работы с чертежами и их описаниями была создана специальная программа-оболочка (рис. 4).

В оболочке реализованы следующие функции: просмотр чертежей и их описаний, работа с каталогом чертежей, полнотекстовый поиск по описаниям и названиям чертежей.

В средстве просмотра чертежей реализованы стандартные функции просмотра: изменение масштаба, прокрутка «мышкой», увеличение выбранной области чертежа, повороты чертежа на 90, 180 и 270 градусов. Программа запоминает выводившиеся на экран области чертежа, реализуя историю просмотра – после увеличения области чертежа или отдельной детали пользователь может быстро вернуться к предыдущему виду (кнопка «Предыдущий вид»), после чего можно опять вернуться к увеличенному виду (кнопка «Следующий вид»). Действие истории просмотра напоминает действие кнопок «Предыдущая страница» и «Следующая страница» в Интернет-браузерах.

Для более удобной работы с большими чертежами в программе предусмотрен режим полноэкранный работы. На рис. 5 показан вывод одного из чертежей электронного атласа на экран плоского широкоформатного телевизора, которым в настоящее время оборудованы кабинеты многих руководителей электростанций и энергообъединений. Подобными экранами или мультимедийными проекторами также оборудованы почти все учебные кабинеты крупных (и не только) электростанций. На такой экран можно оперативно выводить нужную графическую информацию при проведении различных совещаний.

Кроме стандартных средств изменения масштаба в программе реализована экранная лупа. Действие лупы показано на рис. 3, 4 и 5 – на экране можно видеть общий вид всего оборудо-



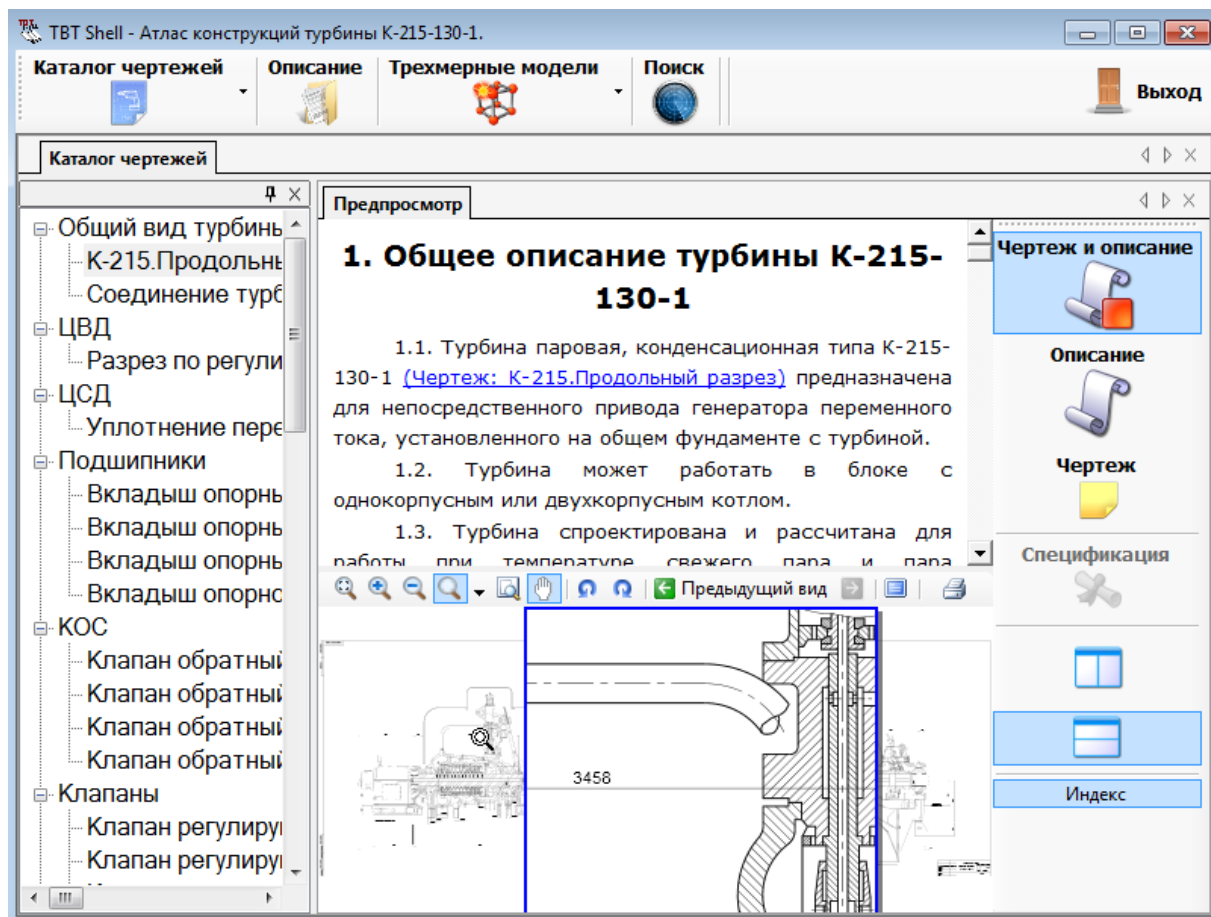


Рис. 4. Внешний вид программы-оболочки

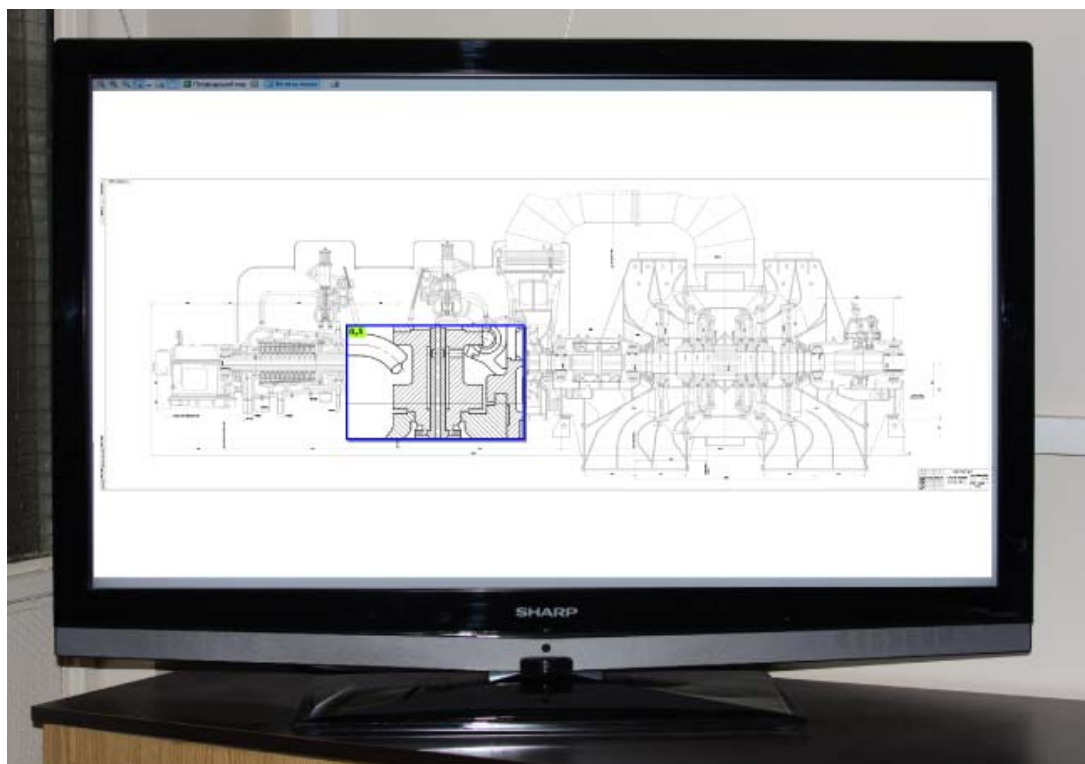


Рис. 5. Полноэкранная работа с разрезом паровой турбины

вания или его части, при этом в отдельном окне лупы выводится в увеличенном масштабе часть чертежа, находящаяся под указателем «мыши». Окошко лупы «привязано» к указателю «мыши» и движется по экрану вслед за ним. У пользователя есть возможность изменять коэффициент увеличения лупы. Использование лупы позволяет более эффективно работать с большими чертежами, не прибегая к неудобным средствам изменения масштаба, при использовании которых пользователь перестает видеть общий вид чертежа.

В программе реализована возможность распечатки на принтере или плоттере любого чертежа или его фрагмента с возможностью предварительного просмотра. Также предусмотрена возможность сохранения чертежей или их фрагментов в файлы стандартного для последних версий Windows (Vista, 7, XP с установленным дополнительным ПО) формата XPS.

На основании некоторых векторизованных чертежей были созданы трехмерные анимированные модели энергетического оборудования. Эти модели могут быть использованы, например, для демонстрации принципа действия регулирующих и стопорных клапанов. В других трехмерных моделях была анимирована процедура их сборки и разборки. На рис. 6 показан фрагмент разборки стопорного клапана турбины.

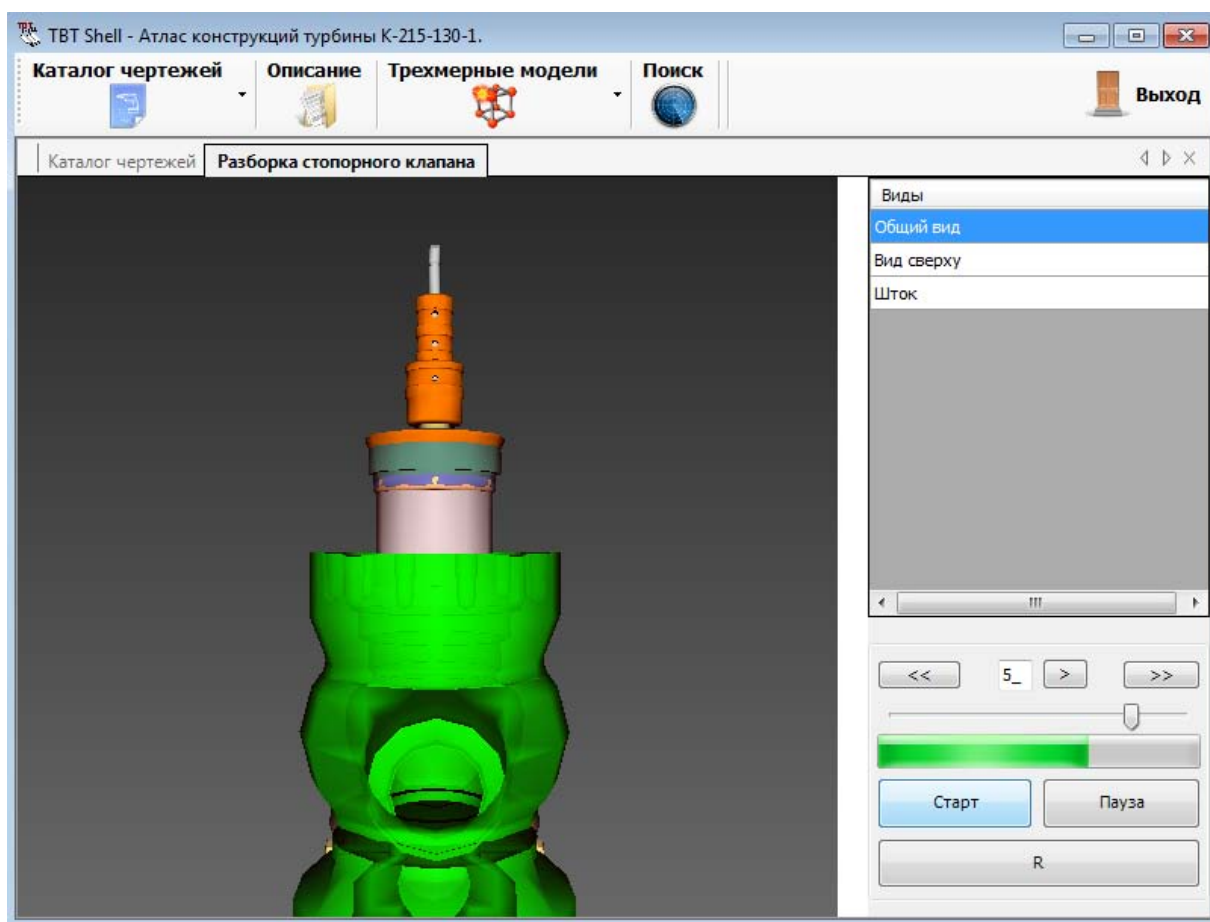


Рис. 6. Фрагмент разборки трехмерной модели стопорного клапана

## Выводы

ООО «Триеру» совместно со специалистами Московского энергетического института (ТУ) разработало методику и программные средства создания электронного атласа тепломеханического оборудования тепловых электростанций.

Эти средства и программы позволили создать электронные атласы для ОАО «Мосэнерго» (энергоблоки ПТ-60, Т-100 и Т-250), для ОГК-3 (энергоблоки К-200, К-300) и для других энергообъединений и энергопредприятий.

Электронные атласы включают в себя высококачественные векторные чертежи, описания, трехмерные модели, анимационные клипы и другие современные средства мультимедиа.

Электронные атласы позволяют отказаться от использования традиционных «синек». Они имеют удобные средства быстрого поиска нужной информации и получили высокую оценку специалистов-энергетиков.

## Литература

1. **Грибин В.Г., Очков В.Ф.** Корпоративный атлас энергетического оборудования: проблемы и решения // Новое в российской электроэнергетике. 2006. № 1.
2. **Грибин В.Г., Очков В.Ф., Кауркин В.Н., Писков В.Н.** Электронный атлас клапанов паровых турбин // Энергетик. 2004. № 12.
3. **Очков В.Ф., Кауркин В.Н., Писков В.Н.** О развитии методов изучения энергооборудования с помощью средств компьютерной графики. Труды международной конференции «Информационные средства и технологии». Том. 2. 12–14 октября 2004 г., Москва.
4. **Очков В.Ф., Кауркин В.Н., Писков В.Н.** Применение новых возможностей графической оболочки TWT Shell для изучения энергооборудования. Труды международной научно-практической конференции «Информационные средства и технологии». Том 2. 18–20 сентября 2005, г. Москва.