

БИБЛИОТЕКА УСЛОВНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ФОРМАТЕ МАСШТАБИРУЕМОЙ ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ

А.Г. Юферов

*Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ
249040, Калужская обл., г. Обнинск, Студгородок, 1*



Описаны результаты создания и применения библиотеки условных графических обозначений (УГО) элементов энергетического оборудования, предусмотренных стандартами ГОСТ 21.403-80 «Оборудование энергетическое», 2.789-74 «Аппараты теплообменные». Библиотека реализована в формате SVG – масштабируемая векторная графика. Полученные решения лежат в русле известных работ по созданию библиотек параметрических фрагментов условных обозначений элементов схем и чертежей в системах проектирования различного отраслевого назначения. Формат SVG предназначен для использования в веб-приложениях, поэтому создание SVG-кодов для УГО элементов энергетического оборудования по стандартам ГОСТ 21.403-80, 2.789-74 является необходимым этапом при разработке веб-аналогов программ термодинамической оптимизации энергоустановок. Одним из главных доводов в пользу формата SVG является возможность его сопряжения с расчетными программами. Так, в АСУ ТП, разрабатываемых на веб-платформе, масштабируемая векторная графика обеспечивает динамический пользовательский интерфейс, функциональность мнемосхем и изменение их состава в зависимости от наличия и состояния элементов оборудования. Важное основание для освоения и использования формата SVG состоит также в том, что этот формат становится основой (пока рекомендуемой, в перспективе – обязательной) электронного документооборота в сфере проектной документации в рамках международной стандартизации и унификации форматов обмена информацией. На конкретных примерах показана эффективность текстового формата SVG для компоновки схем энергетического оборудования. Библиотека предназначена для использования как при решении конкретных производственных задач, связанных с анализом тепловых схем энергоустановок, так и при подготовке студентов-энергетиков. Библиотека и сопутствующие материалы размещены в открытом доступе в интернете. Сформулирован ряд предложений по дальнейшему развитию библиотеки.

Ключевые слова: САПР, энергетическое оборудование, масштабируемая векторная графика, SVG, обмен данными.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие систем автоматизированного проектирования следует парадигме «текст+код», предусматривающей текстовое представление чертежей и его интеграцию с вычислительными кодами проектных расчетов. Такой подход ликвидирует множество узких мест, обусловленных как традиционной «бумажной» технологией работы с проектной документацией, так и возникших в процессе компьютеризации деятельности конструктора [1]. На этом пути могут быть реализованы следующие возможности:

- работа с чертежом как с базой данных, содержащей графические, числовые и текстовые элементы;
- обеспечение валидности, согласованности и верифицируемости конструкторской документации путем применения соответствующих программных средств контроля к базе данных чертежа;
- модифицируемость чертежей, их повторное использование и управление библиотеками чертежей, как следствие, – минимизация трудозатрат на чертежные работы, обеспечение полноты документации, упрощение ее сопровождения и модификации;
- параметризация, масштабирование, автоматический вывод на чертеж размеров и расчетных характеристик (масс, объемов и т.д.) с использованием, например, стандартной открытой технологии DOM (*Document Object Model* – объектная модель документа);
- унификация мнемосхем и чертежных графических элементов, автоматическая генерация монтажной схемы на основе принципиальной и т.п.;
- автоматическая генерация или корректировка конструкторской документации по результатам оптимизационных проектных расчетов;
- поддержка в единой технологии и в единой языковой среде всех уровней описания изделия на всех этапах жизненного цикла изделия (принципиальная схема, сборочный и монтажный чертежи) и всех видов проектно-эксплуатационной документации с использованием, например, стандартов ГОСТ Р ИСО 10303 (стандарт обмена данными модели изделия STEP – *STandard for Exchange of Product model data*), в состав которых входит объектно-ориентированный язык EXPRESS, реализующий технологию EDI/XML (*Electronic Data Interchange/ Extensible Markup Language*) применительно к описанию моделей изделий на разных этапах их жизненного цикла;
- динамический графический интерфейс в АСУ ТП, придание функциональности мнемосхемам и изменение их состава (конфигурации) в зависимости от наличия и состояния элементов оборудования.

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМАТА SVG В САПР

Первый шаг на пути решения вышеперечисленных задач – использование текстового формата для представления чертежей. Формат SVG в высокой степени подходит для этих целей [2, 3]. Разумеется, существующие чертежные форматы также обеспечивают в той или иной степени выполнение указанных требований. Однако предпочтительность формата SVG обусловлена его простотой, открытостью, широкой поддержкой, согласованностью с другими стандартами и, что сегодня особенно важно, с веб-технологиями. В этом его преимущество перед известными форматами файлов САПР, которые (в силу причин, обусловленных историей создания и развития форматов) требуют сегодня существенных усилий при интеграции чертежей с внешними вычислительными программами, с технологией DOM или при обеспечении редактирования чертежей в режиме удаленного доступа.

Еще более важное основание для освоения и использования формата SVG состоит

в том, что постепенно этот формат становится основой (пока рекомендуемой, в перспективе – обязательной) электронного документооборота в сфере проектной документации самых различных отраслей. Это вызвано очевидной потребностью в наличии стандартных унифицированных форматов международного обмена информацией, в частности, чертежной.

В отличие от других графических форматов SVG достаточно просто сшивается с расчетными программами для отображения на чертеже числовой информации в динамике.

В работе описана реализация в формате SVG условных графических обозначений энергетического оборудования, предусмотренных ГОСТ 21.403-80 «Оборудование энергетическое», 2.789-74 «Аппараты теплообменные», а также использованных в ряде работ, посвященных оптимизации энергетического оборудования [4 – 13]. Мотивация для создания описываемой библиотеки состояла в обеспечении графических средств для веб-аналогов известных программ термодинамической оптимизации энергоустановок [14 – 16].

SVG-КОДЫ РЕАКТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В качестве конкретных примеров использования формата SVG приводятся SVG-коды условных графических обозначений для некоторых элементов реакторного оборудования согласно ГОСТ 21.403-80: реактор с обозначением числа петель (рис. 1); сепаратор реактора РБМК (рис. 2); барботер (рис. 3); паровой компенсатор давления теплоносителя ЯР (рис. 4); деаэрактор первого контура (рис. 5). Коды остальных УГО, предусмотренных стандартами ГОСТ 21.403-80, 2.789-74, размещены на сайте описываемой библиотеки.

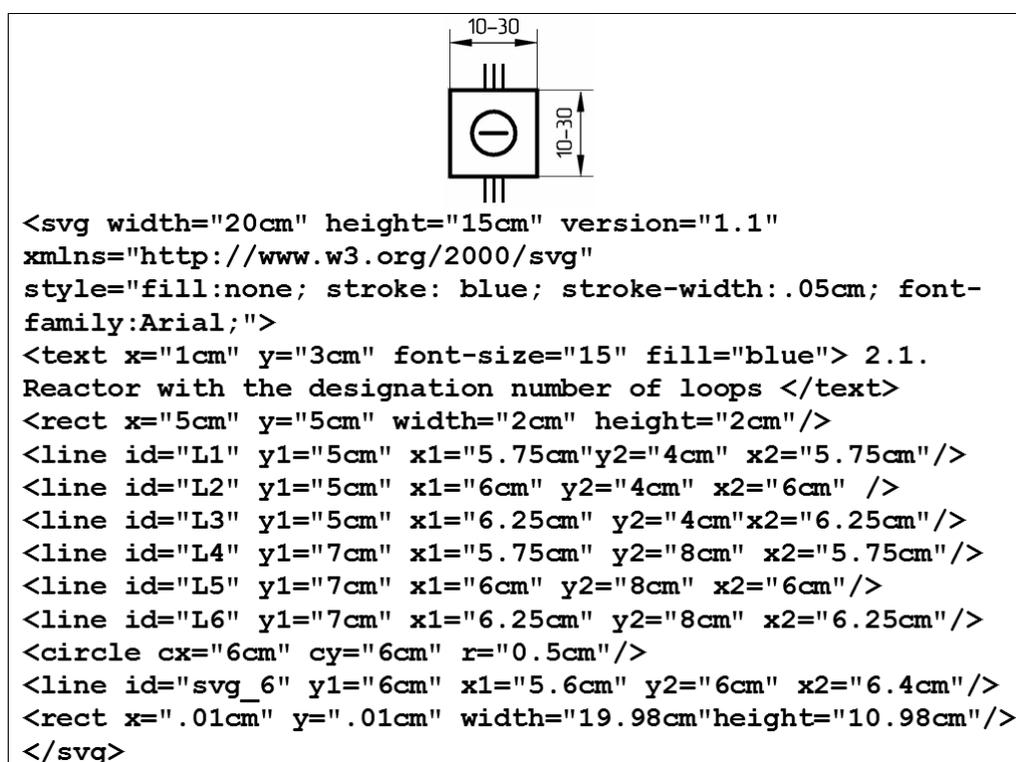


Рис. 1. Реактор с обозначением числа петель

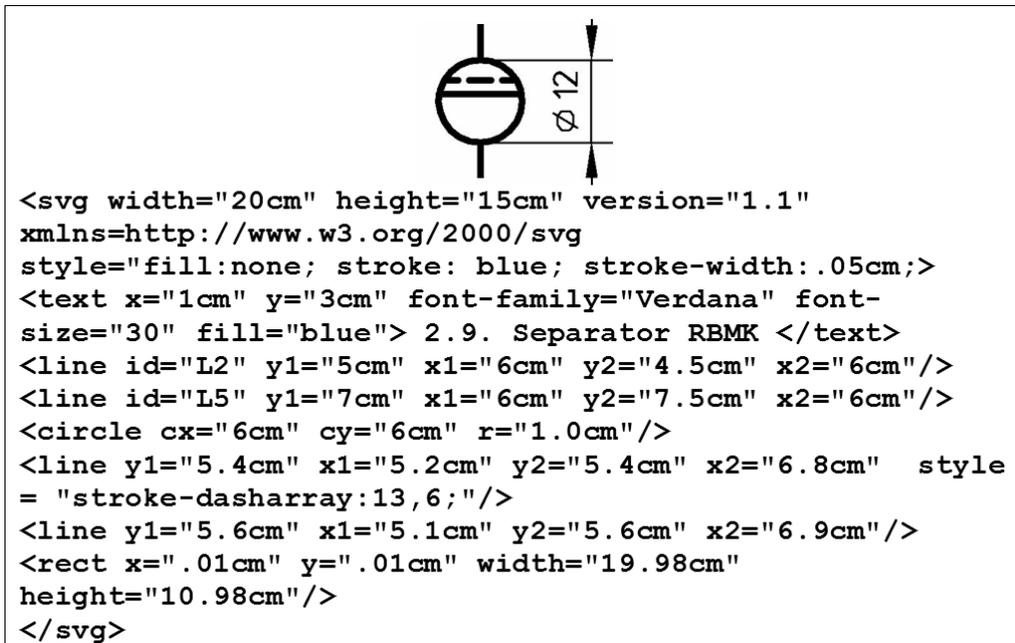


Рис. 2. Сепаратор реактора РБМК

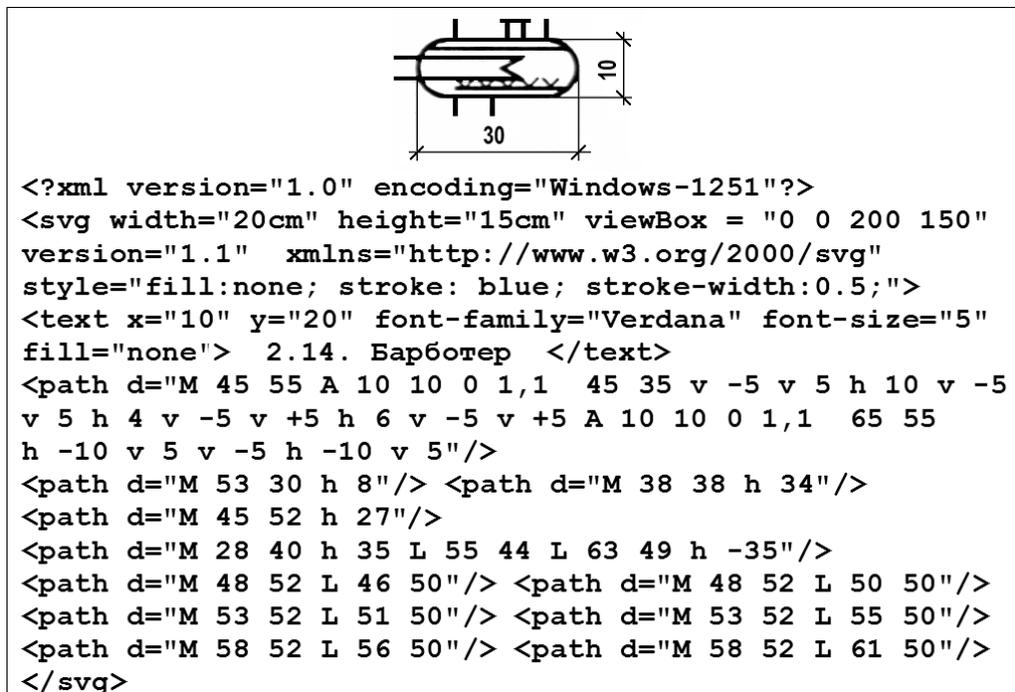


Рис. 3. Барботер

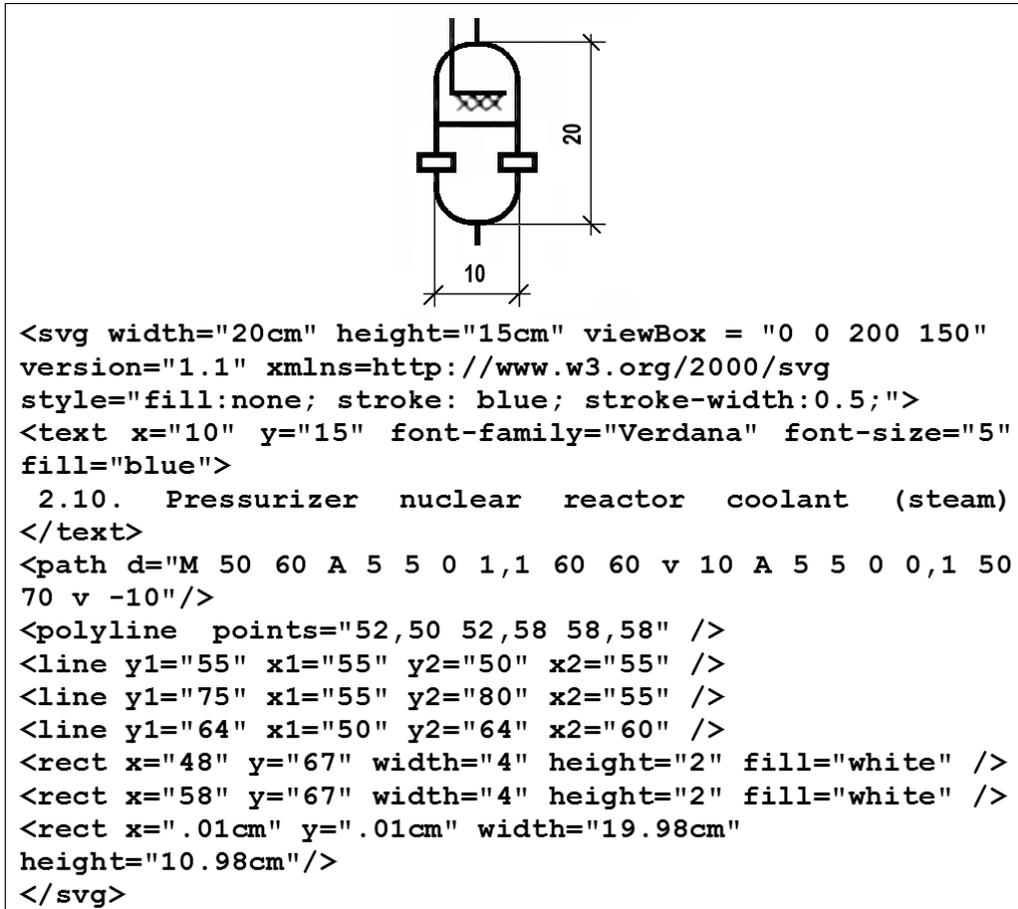


Рис. 4. Компенсатор давления теплоносителя ЯР (паровой)

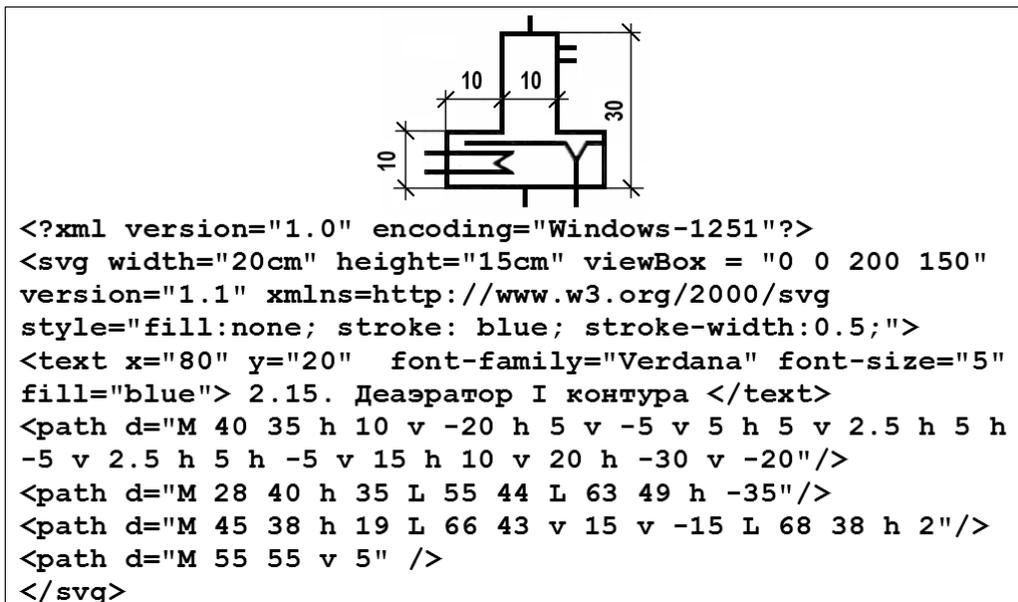


Рис. 5. Деаэратор первого контура

```

<?xml version="1.0" encoding="Windows-1251" standalone="no"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.0//EN"
"http://www.w3.org/TR/2001/REC-SVG-20010904/DTD/svg10.dtd">
<head> <title>Первый контур ВВЭР</title>
<script>
function fresh() { location.reload(); }
setInterval("fresh()",500);
</script> </head>
<body><svg width="250mm" height="120mm" viewBox = "0 0 250
120" version="1.1" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
onload="PWR_steam();"
style="fill: none; stroke: blue; stroke-width: .5;
font-family: Arial; font-size: 4; ">
<script> <![CDATA[ function PWR_steam() {
// температура и давление на выходе из парогенератора
T=270+Math.random()*10; P = 5 + Math.random();
T =T.toFixed(0); P =P.toFixed(1);
textNode = document.createTextNode(T + " C, "+ P + " МПа");
t_pg_ou=document.getElementById("t_pg_ou");
t_pg_ou.appendChild(textNode); t_pg_ou.removeChild(
t_pg_ou.children[1]); }]]> </script>
<text x="30" y="10" fill="blue" > Первый контур ВВЭР</text>
<defs> <g id = "PWR" >
<rect x="50" y="50" width="20" height="20"/>
<line y1="50" x1="60" y2="40" x2="60"/>
<line y1="70" x1="60" y2="80" x2="60"/>
<circle cx="60" cy="60" r="5" />
<line y1="60" x1="56" y2="60" x2="64"/></g>
<g id = "PWR_steam_generator" >
<text id = "t_pg_ou" x="62" y="48" > ОСЦИЛЛЯЦИИ: </text>
<line y1="50" x1="60" y2="45" x2="60"/>
<line y1="70" x1="60" y2="75" x2="60"/>
<line y1="53" x1="53" y2="53" x2="67" />
<circle cx="60" cy="60" r="10"/>
<path d="M -20 55 h 85 L 60 60 L 65 65 h -45 v 55 h -40"/></g>
<g id = "GCN" > <circle cx="45" cy="45" r="10" />
<text x="41" y="41" > ГЦН </text>
<rect x="55" y="40" width="10" height="10"/>
<circle cx="75" cy="45" r="5" />
<path d = "M 45 35 v -5"/> <path d = "M 45 55 v 5" />
<path d = "M 57 40 v -5"/> <path d = "M 57 50 v 5" />
<path d = "M 63 50 v 5" /> <path d = "M 65 45 h 5" />
</g> </defs>
<use xlink:href="#PWR" x="30" y="10"/>
<use xlink:href="#GCN" x="45" y="55" />
<use xlink:href="#PWR_steam_generator" x="110" y="-5" />
<text x="91" y="59" fill="blue" > 322С, 16 МПа </text>
<text x="91" y="84" fill="blue" > 289С </text>
</svg> </body> </html>

```

Рис. 6. SVG-файл упрощенной схемы первого контура ВВЭР

ПРИМЕР КОМПОНОВКИ ЧЕРТЕЖА

Представленный на рис. 6 SVG-файл демонстрирует средства компоновки тепловой схемы из наличных УГО. Соответствующий чертеж приведен на рис. 7.

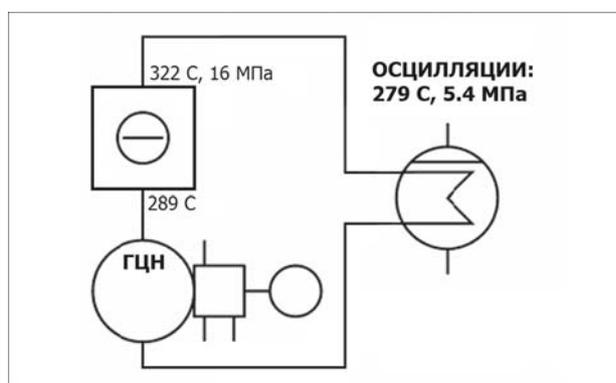


Рис. 7. Пример отображения чертежа в браузере

УГО оформляется как отдельный объект путем заключения его элементов в теги группы `<g>` с указанием подходящего имени группы. Коллекция таких УГО, необходимых для создания конкретного чертежа, размещается в SVG-файле, заключенная в теги `<defs>`. Это обеспечивает невидимость коллекции, но позволяет выбирать из нее УГО по именам и копировать их в необходимом количестве в нужные позиции чертежа. Например, при таком подходе приведенная на рис. 7 схема первого контура ВВЭР описывается в три строчки:

```
<use xlink:href="#PWR" x="30" y="10"/>
<use xlink:href="#GCN" x="45" y="55" />
<use xlink:href="#PWR_steam_generator" x="110" y="-5" />
```

Приведенный на рис. 6 SVG-код интегрирован с расчетным модулем, имитирующим отклонения температуры и давления на выходе из парогенератора от номинальных значений. Отображение текущих значений расчетных величин обеспечивается путем программного периодического обновления веб-страницы, в которую встроен SVG-код.

Однажды созданный SVG-чертеж может многократно совершенствоваться в различных направлениях, пополняться деталями, сценариями или может быть оформлен как автономный объект для вставки в другие чертежи. Необходимые манипуляции выполнимы как с помощью графических редакторов, так и в тексте соответствующего SVG-файла программно или вручную. В этом существенное положительное отличие формата SVG от других векторных форматов, требующих для обработки специфической среды.

На практике для чертежа определенного класса, например, тепловой схемы энергоустановки, у чертежника вырабатывается характерная разметка, определяющая возможное размещение и соединение графических элементов (сетка УГО). В технологии SVG сетка УГО строится тривиально. При наличии такой стандартной разметки можно строить сложные схемы, пользуясь только текстовым редактором для указания ячейки сетки и помещаемым в нее УГО. При этом описание требуемого УГО может находиться во внешнем (библиотечном) файле. Пример подобного позиционирования УГО показан на рис. 8.

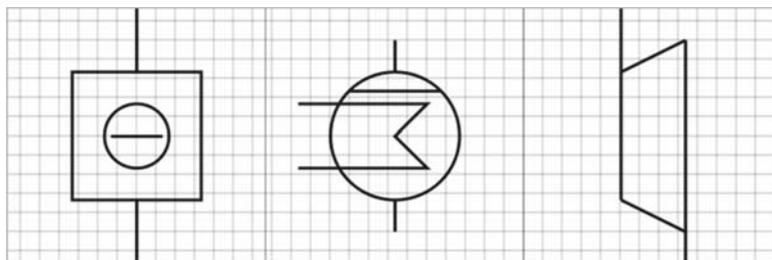


Рис. 8. Пример компоновки УГО на сетке

Связи УГО удобно задавать на отдельной более мелкой сетке. Однако, как можно заметить (см. рис. 8), потребуются некоторые вычисления для исключения смещения сеток, обусловленного ненулевой толщиной линий разметки. Формат SVG позволяет включить модуль подобных вычислений непосредственно в SVG-файл. Альтернативная возможность состоит в использовании масштабных сеток, в шагах которых задаются все размеры УГО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе получены следующие результаты.

1. В формате SVG создана библиотека графических обозначений элементов энергетического оборудования, предусмотренных стандартами ГОСТ 21.403-80, 2.789-74.

2. Создан сайт для размещения текущей версии библиотеки в свободном доступе. Для просмотра отдельных чертежей сайт доступен по адресу

[html://178.215.91.20/eo](http://178.215.91.20/eo),

а для оперативной загрузки всей библиотеки – по адресу

<ftp://178.215.91.20/eo>.

3. На сайте размещены материалы, содержащие пояснения по конкретным языковым конструкциям, использованным в работе для оформления SVG-файлов, и по изготовлению схем энергетического оборудования с использованием УГО в формате SVG. Приведены также рекомендации по заданию оптимальной области отображения чертежа в браузере, по указанию размеров и по использованию кириллических шрифтов в SVG-кодах.

4. Для упрощения компоновки схем и чертежей из стандартных элементов предложена концепция вложенных масштабных сеток.

В качестве дальнейших задач в сфере применения формата SVG для описания, визуализации и расчета схем энергетического оборудования укажем следующее.

1. Создание библиотеки УГО, модифицированных с учетом практики построения схем энергетического оборудования. В частности, необходимо усовершенствование геометрии УГО применительно к их использованию на стандартных сетках, чтобы упростить масштабирование и построение связей.

2. Создание библиотеки анимированных (повороты, масштабирование, заливка, динамический текст и т.д.) графических обозначений элементов энергетического оборудования для поддержки расчетных и чертежных задач.

3. Адаптация локальных и веб-редакторов файлов SVG для создания схем энергоустановок, т.е. накопление шаблонов и сценариев в среде соответствующего редактора.

4. Интеграция с базами фактографических данных энергоустановок.

5. Интеграция с языком EXPRESS стандарта ГОСТ Р ИСО 10303 для описания моделей изделий. Обе технологии основаны на языке XML, что упрощает эту задачу.

6. В перспективе стандарты, подобные ГОСТ 21.403-80, 2.789-74, определяющие

вид некоторых графических элементов, должны сопровождаться соответствующими компьютерными кодами этих элементов в различных форматах.

Литература

1. *Хорафас Д., Лезг С.* Конструкторские базы данных. – М.: Машиностроение, 1990.
2. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition). W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/2011/REC-SVG11-20110816>.
3. *Кариев Ч.* Масштабируемая векторная графика. <http://intuit.ru/studies/courses/1063/210/info>.
4. ГОСТ 21.403-80. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое.
5. ГОСТ 2.701-84. ЕСКД. Правила выполнения схем.
6. ГОСТ 2.789-74. ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппараты теплообменные.
7. *Гордеева И.В., Кауркин В.Н. и др.* Выполнение тепловых схем энергетических установок. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
8. *Левенталь Г. Б., Попырин Л. С.* Оптимизация теплоэнергетических установок. – М.: Энергия, 1970.
9. *Попырин Л. С.* Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. – М.: Энергия, 1978.
10. *Попырин Л. С.* Математическое моделирование и оптимизация атомных электростанций. – М.: Наука, 1984.
11. *Попырин Л.С., Самусев В.И., Эпельштейн В.В.* Автоматизация математического моделирования теплоэнергетических установок. – М.: Наука, 1981.
12. *Канаев А.А., Ратников Е.Ф., Копп И.З.* Термодинамические циклы, схемы и энергооборудование атомных электростанций. – М.: Атомиздат, 1976.
13. *Гохштейн Д.П., Верхивкер Г.П.* Анализ тепловых схем атомных электростанций. – Киев: Вища школа, 1977.
14. *Мошкарин А.В., Шельгин Б.Л. и др.* Инновационные технологии в проектировании тепловых схем паротурбинных, парогазовых и испарительных установок // Вестник ИГЭУ.– 2011.– Вып. 4. – С. 6-10.
15. *Смирнов Д.К., Галашов Н.Н.* Программный комплекс визуального моделирования схем теплоэнергетических установок // Известия Томского политехнического университета. 2012. – Т. 320. – № 4. – С. 6-10.
16. *Николаев М.А.* Веб-комплекс теплофизической оптимизации ЯЭУ // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – Вып. 1. – С.130-133.

Поступила в редакцию 19.10.2015 г.

Автор

Юферов Анатолий Геннадьевич, начальник лаборатории, канд. физ.-мат. наук
E-mail: anatoliy.yuferov@mail.ru

**LIBRARY OF GRAPHIC SYMBOLS FOR POWER EQUIPMENT
IN THE SCALABLE VECTOR GRAPHICS FORMAT**Yuferov A.G.

Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, National Research Nuclear University «MEPhI».

1 Studgorodok, Obninsk, Kaluga reg., 249040 Russia

ABSTRACT

This paper describes the results of creation and application of library of graphic symbols of elements of power equipment under standards GOST 21.403-80 «Equipment energy», 2.789-74 «heat exchangers». The library is implemented in the format scalable vector graphics (SVG). The obtained solutions are in line with well-known works on creation of parametrical libraries of fragments of the legend elements, schematics, and blueprints in systems design for different purposes. The SVG format is designed for use in web applications, so the SVG code for the items of power equipment in compliance with GOST 21.403-80, 2.789-74 is a necessary stage in the development of web programs of the thermodynamic optimization of power plants. One of the main arguments in favor of the SVG format is that it can be integrated with the calculated codes. So, in the process control systems, developed on the web-platform, the SVG format provides a dynamic user interface, giving functionality to mimic and change their composition depending on the availability and condition of equipment. An important basis for the development and use of the SVG format is that this format becomes a means of electronic document circulation in the sphere of design documentation within the framework of international standardization and unification of formats of information exchange. In work it is shown the effectiveness of format SVG for the layout of diagrams of power equipment. The library is intended for use in solving specific production problems associated with the analysis of thermal schemes of power plants and in the training of students. Library and related materials are available on the Internet. Formulated a number of proposals for the further development of the library.

Key words: CAD, power equipment, scalable vector graphics, SVG, data exchange.

REFERENCES

1. Horafas D., Legg S. Konstruktorskie bazy dannyh [The Engineering Database]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990 (in Russian).
2. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition). W3C Recommendation. Available at: <http://www.w3.org/TR/2011/REC-SVG11-20110816>.
3. Kariev Ch. Masshtabiruemaya vektornaya grafika [Scalable vector graphics]. Available at: <http://intuit.ru/studies/courses/1063/210/info> (in Russian).
4. GOST 21.403-80. ESKD. Oboznachenija uslovnye graficheskie v shemah. Oborudovanie jenergeticheskoe [GOST 21.403-80. ESKD. Conditional graphic designations in schemes. Equipment energy] (in Russian).
5. GOST 2.701-84. ESKD. Pravila vypolneniya shem [GOST 2.701-84. ESKD. Rules of implementation of schemes] (in Russian).
6. GOST 2.789-74. ESKD. Oboznacheniya uslovnye graficheskie. Apparaty teploobmennye [GOST 2.789-74. ESKD. Conditional graphic designations. Heat exchangers] (in Russian).
7. Gordeeva I.V., Kaurkin V.N., Mironova N.G., Netunaeva V.N., Poltavceva T.A., Stepanov Yu.V., Frolova G.M. Vypolnenie teplovyh shem energeticheskikh ustanovok [The performance of thermal schemes of energy facilities]. Moscow, MEI Publ., 2010 (in Russian).
8. Levental G. B., Popyrin L. S. Optimizaciya teploenergeticheskikh ustanovok [Optimization of thermal power plants]. Moscow, Energiya Publ., 1970 (in Russian).

9. Popyrin L. S. Matematicheskoe modelirovanie i optimizaciya teploenergeticheskikh ustanovok [Mathematical modeling and optimization of thermal power plants]. Moscow, Energiya Publ., 1978.
10. Popyrin L. S. Matematicheskoe modelirovanie i optimizaciya atomnykh elektrostancij [Mathematical modeling and optimization of nuclear power plants]. Moscow, Nauka Publ., 1984 (in Russian).
11. Popyrin L.S., Samusev V.I., Jepelshtejn V.V. Avtomatizaciya matematicheskogo modelirovaniya teploenergeticheskikh ustanovok [Automation of mathematical modeling of thermal power plants]. Moscow, Nauka Publ., 1981 (in Russian).
12. Kanaev A.A., Ratnikov E.F., Kopp I.3. Termodinamicheskie cikly, shemy i energooborudovanie atomnykh elektrostancij [Thermodynamic cycles, schematic and the equipment of nuclear power plants]. Moscow, Atomizdat Publ., 1976 (in Russian).
13. Gohshtejn D.P., Verhivker G.P. Analiz teplovykh shem atomnykh elektrostancij [Analysis of thermal schemes of nuclear power plants]. Kiev, Vishha shkola Publ., 1977 (in Russian).
14. Moshkarin A.V., Shelygin B.L., Doverman G.I., Zakharenkov E.V., Zhamlikhanov T.A., Malkov E.S. Innovacionnye tehnologii v proektirovanii teplovykh shem paroturbinnnykh, parogazovykh i isparitel'nykh ustanovok [Innovative technology in the design of thermal circuits of steam-turbine, combined-cycle and evaporative units]. *Vestnik IGEU*. 2011, iss. 4, pp. 6-10 (in Russian).
15. Smirnov D.K., Galashov N.N. Programmnyj kompleks vizualnogo modelirovaniya shem teploenergeticheskikh ustanovok [Software complex visual circuit simulation of thermal power plants]. *Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta*, 2012, v. 320, no. 4, pp. 6-10 (in Russian).
16. Nikolaev M.A. Veb-kompleks teplofizicheskoy optimizacii AEU [Web complex of the thermal optimization of nuclear power plant]. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya*. 2014, iss. 1, pp. 130-133 (in Russian).

Author

Yuferov Anatolij Gennad'yevich, Head of Laboratory, Cand.Sci. (Phys.-Math.)
E-mail: anatolij.yuferov@mail.ru