

Информационное агентство  
**Энергопресс**

**6'2011**

# **Новое в российской электроэнергетике**



# НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

## Ежемесячный электронный журнал

### № 6 июнь 2011 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**, заместитель генерального директора ОПК «Оборонпром», 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 начальника Главного управления энергетики ОАО «Лукойл»

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

#### Члены редколлегии:

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

#### Содержание

Стр.

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

3

#### Общие вопросы электроэнергетики

Сохранение устойчивости энергосистемы при импульсной разгрузке турбогенератора № 2 Ростовской АЭС. инж. Б.В. Доровских, к.т.н. В.П. Дерий, инж. В.В. Люльчак, инж. В.В. Малышев, инж. Я.Б. Солдатов, инж. П.П. Мезенцев (Московский филиал «Центратомтехэнерго» ОАО «Атомтехэнерго»)

5

Модернизация энергоблока К-300-240 Киришской ГРЭС на основе парогазовых технологий. Инж. Д.А. Трещёв (ОАО «СевЗап НТЦ»)

20

Российские огнестойкие турбинные масла: создание, освоение производства и 45-летний опыт эксплуатации в энергетическом оборудовании ТЭС и АЭС. К.т.н. А.Г. Вайнштейн (ОАО «ВТИ»)

30

#### В помощь производству

Теплотехнические расчеты по свойствам рабочих веществ теплоэнергетики с опорой на интернет-функции. Д.т.н. В.Ф. Очков (МЭИ – ООО «Триеру»), к.т.н. К.А. Орлов (МЭИ), инж. В.Е. Знаменский (МЭИ – ОИВТ РАН)

40

Журнал перерегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, Свидетельство о регистрации: ИА № ФС77-41829 от 14.09.2010.

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 2011 год под № 0421100097.

## В помощь производству

### ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПО СВОЙСТВАМ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ С ОПОРОЙ НА ИНТЕРНЕТ-ФУНКЦИИ

Д.т.н. В.Ф. Очков (МЭИ – ООО «Триеру»), к.т.н. К.А. Орлов (МЭИ),  
инж. В.Е. Знаменский (МЭИ – ОИВТ РАН)

Теплотехнические расчеты, в частности расчеты циклов паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок, требуют знания термодинамических и физических (теплофизических) свойств рабочих веществ, задействованных в циклах. Если такие расчеты ведутся *вручную*, то достаточно иметь под рукой соответствующие таблицы свойств конкретного рабочего вещества [1]. *Компьютерные* расчеты (а именно они все чаще и чаще ведутся в настоящее время) требуют специальных программных *функций*, возвращающих конкретные значения свойств рабочих веществ теплотехнических циклов в зависимости от параметров цикла – температуры, давления, удельной энтальпии, удельной энтропии, плотности и др.

Одной из самых распространенных и удобных программ по свойствам рабочих веществ энергетики (вода и водяной пар, воздух и дымовые газы) является программа WaterSteamPro [2–5]. После скачивания этой программы с сайта [www.wsp.ru](http://www.wsp.ru) и установки ее на компьютере в теплотехнических расчетах<sup>1</sup> становятся видимыми соответствующие функции по свойствам рабочих веществ. Об этой программе будет дополнительно упомянуто в конце статьи.

Но технология *скачивания* функций с сайтов Интернета или с дисков и установки их на компьютере пользователя имеет один существенный недостаток, заключающийся в следующем.

Программы для компьютеров, в частности программы для расчета теплофизических свойств индивидуальных веществ и их смесей, непрерывно совершенствуются. Это связано и с тем, что появляются новые формуляции, предписывающие порядок расчетов конкретных свойств конкретных веществ<sup>2</sup>, и с тем, что в существующих программах исправляются ошибки и неточности, расширяется область их применения, улучшаются их характеристики (быстродействие, объем занимаемой памяти компьютера и др.). Кроме того, программы непрерывно переделываются в связи с тем, что меняется аппаратная и программная часть компьютеров, используется, например, новая операционная система. Пользователи программ по свойствам веществ часто не поспевают за этими изменениями и работают с устаревшими версиями. Но это еще полбеда. Беда наступает тогда, когда пользователи меняют компьютер и/

---

<sup>1</sup> А они могут вестись практически во всех программных средах: табличный процессор Excel, инженерный калькулятор Mathcad, язык программирования технических расчетов Matlab, языки программирования C, BASIC, Pascal, Fortran и др.

<sup>2</sup> Если говорить о воде и водяном паре – основном рабочем теле энергетики, то такие формуляции разрабатывает и утверждает Международная ассоциация по свойствам воды и водяного пара IAPWS – см. сайт [www.iapws.org](http://www.iapws.org).

или операционную систему на нем, что часто приводит к тому, что старые программы перестают устанавливаться и работать (запускаться) на новых или обновленных компьютерах.

В связи с этим, а также с учетом того факта, что в настоящее время почти все компьютеры, на которых ведутся инженерные и, в частности, теплотехнические расчеты, имеют постоянный выход в Интернет, авторами данной статьи была предложена новая технология работы с функциями по теплофизическим свойствам рабочих веществ теплоэнергетики, базирующаяся не на *скачивании* (download) программ, а на *ссылках* (reference) на функции, хранящиеся на сайтах Интернета.

Упомянутый справочник по теплофизическим свойствам рабочих веществ теплоэнергетики [1] дополнен сайтом, к которому можно обратиться через расчетный сервер Московского энергетического института (технического университета) и ООО «Триеру» ([www.trie.ru](http://www.trie.ru) – рис. 1).

Кроме отмеченного справочника на расчетном сервере МЭИ–Триеру открыты и другие интерактивные сетевые справочники, полезные для энергетиков и теплотехников [6].

На сайте справочника по теплофизическим свойствам рабочих веществ теплоэнергетики (рис. 1) выделены отдельные области формуляции IAPWS-IF97 (см. сноску 2), по которой рассчитываются свойства воды и водяного пара:

- Область жидкости (воды) – <http://twt.mpei.ac.ru/rbtp/Region1>
- Область водяного пара – <http://twt.mpei.ac.ru/rbtp/Region2>
- Окологривическая область – <http://twt.mpei.ac.ru/rbtp/Region3>
- Линия насыщения – <http://twt.mpei.ac.ru/rbtp/Region4>
- Область высоких температур (800 – 2000 °С) – <http://twt.mpei.ac.ru/rbtp/Region5>

Если посетителю сайта, показанного на рис. 1, необходимо, например, уточнить свойства водяного пара, то он может щелкнуть по соответствующей ссылке, выделенной на рис. 1, и перейти к странице сайта, показанной на рис. 2.



Рис. 1. Расчетный сайт МЭИ (ТУ) и ООО «Триеру»

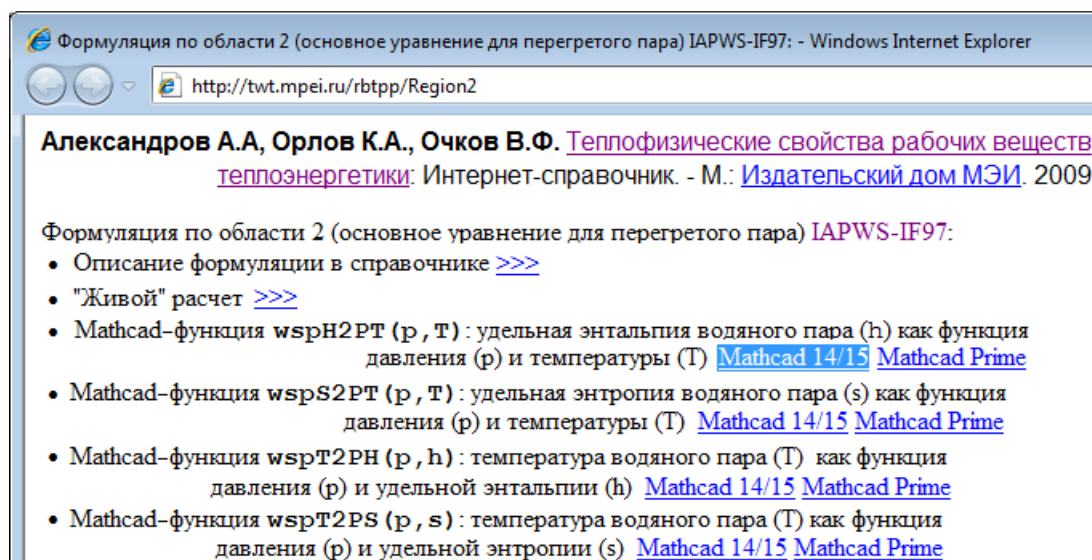


Рис. 2. Сайт по свойствам перегретого водяного пара

На странице сайта, показанной на рис. 2, есть новые ссылки на описание формуляции IAPWS-IF97 и на «живой» расчет по данной формуляции, когда посетитель сайта может изменить исходные данные (давление и температура) и получить не только результат расчета (параметры водяного пара при заданных значениях давления и температуры), но и все промежуточные значения, а также заданную точку на  $p$ - $T$  диаграмме.

Кроме того, с сайта, показанного на рис. 2, можно также *скачать* соответствующие функции для инженерного калькулятора Mathcad (версии Mathcad 14 и 15 и Mathcad Prime) и использовать их в собственных теплотехнических расчетах.

Инженерный калькулятор Mathcad – удобное средство для решения различных задач, в том числе и теплотехнических [7]. В среде Mathcad запись формул ведется в естественной нотации, что выгодно отличает его от традиционных языков программирования и электронных таблиц. В среде Mathcad есть возможность использовать единицы измерения для контроля правильности вычислений и для более удобного отображения их результатов. Результаты расчетов в среде Mathcad очень просто проиллюстрировать графиками и диаграммами. Эти и другие полезные качества пакета Mathcad сделали его одним из самых популярных средств решения инженерно-технических задач на компьютере.

В среде Mathcad есть удобное средство: *ссылка (reference)* на другой Mathcad-документ, переменные и функции которого становятся *доступными* (как говорят программисты – *видимыми*) в Mathcad-документе, из которого делается соответствующая ссылка. Пользователю Mathcad не нужно открывать и вставлять в свой расчет другой расчетный документ – достаточно сделать ссылку на интересующий его файл. После этого пользователь может использовать функции, запрограммированные в нем, так, как если бы они уже были созданы в его собственном документе. Такую ссылку можно делать не только на Mathcad-документы (файлы с расширением \*.mcd, \*.mcdz, \*.xmcd, \*.xmcdz, \*.mcdx и \*.mcdxz), хранящиеся на рабочей станции или в локальной компьютерной сети, но и на сайтах Интернета. Это открывает широ-

кие возможности для реализации новой технологии использования функций, хранящихся на сайтах Интернета, без их закачивания на компьютер пользователя.

Рассмотрим данную технологию на примере использования функций, возвращающих теплофизические свойства рабочего вещества (в нашем случае воды и водяного пара) при решении задачи по вычислению термического КПД идеального цикла Ренкина на перегретом паре. Чтобы указанные функции стали доступны в расчетном документе, следует выполнить следующие простые действия, отображенные на рис. 3, 4 и 5:

- Зайти на портал расчетного сервера МЭИ (ТУ) ([www.vpu.ru/mas](http://www.vpu.ru/mas)) и в оглавлении среди интерактивных справочников выбрать позицию «Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики». Затем в открывшемся справочнике выбрать пункт «Показать структуру справочника согласно его оглавлению» и выбрать нужную область формуляции IAPWS IF-97 (см. рис. 1) – например, область воды.

- В открывшемся окне (рис. 2) выбрать нужную для расчетов функцию.

- Щелкнуть правой кнопкой мыши по выбранной функции.

- Во всплывающем окне (рис. 3) выбрать пункт «Свойства» («Properties») и выделить и скопировать адрес (URL).

- В Mathcad-документе, где необходимо использовать данную функцию, нужно выбрать пункты меню «Вставка» («Insert») и затем «Ссылка» («Reference»). В появившемся окне необходимо вставить скопированный ранее адрес (рис. 4). Адрес копируется нажатием правой кнопки мыши и отдачей команды «Копировать» в выпавшем меню. Эта команда показана на рис. 4.

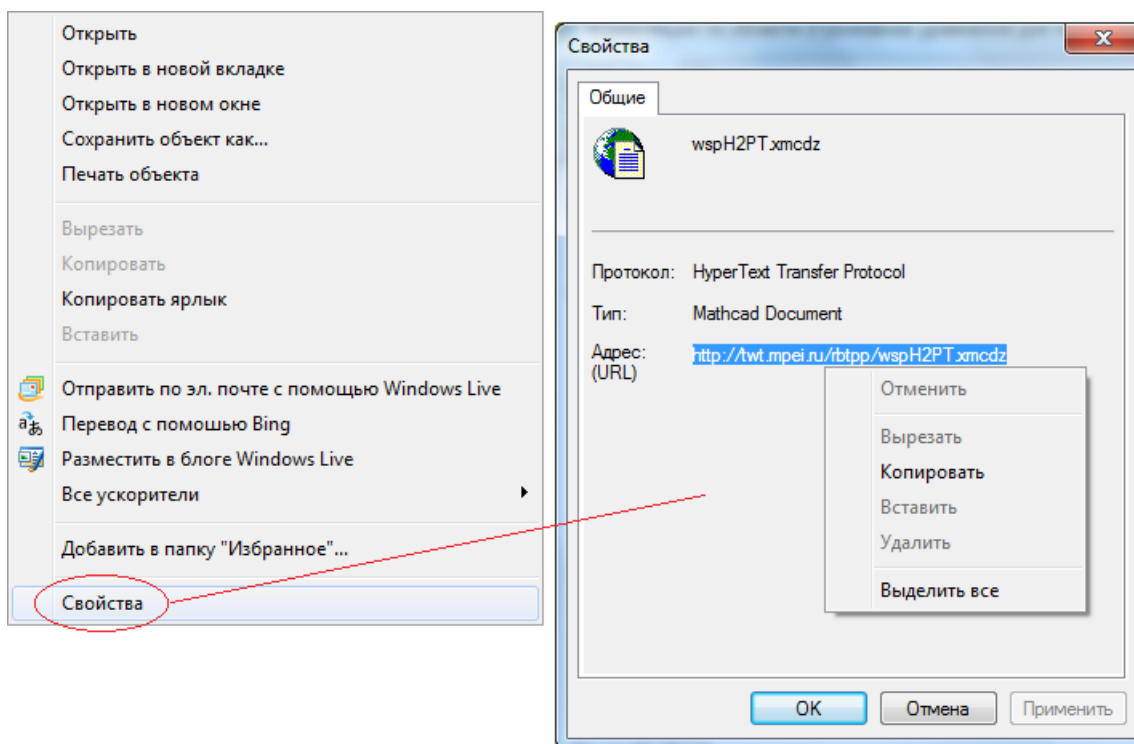


Рис. 3. Получение адреса ссылки на Mathcad-документ

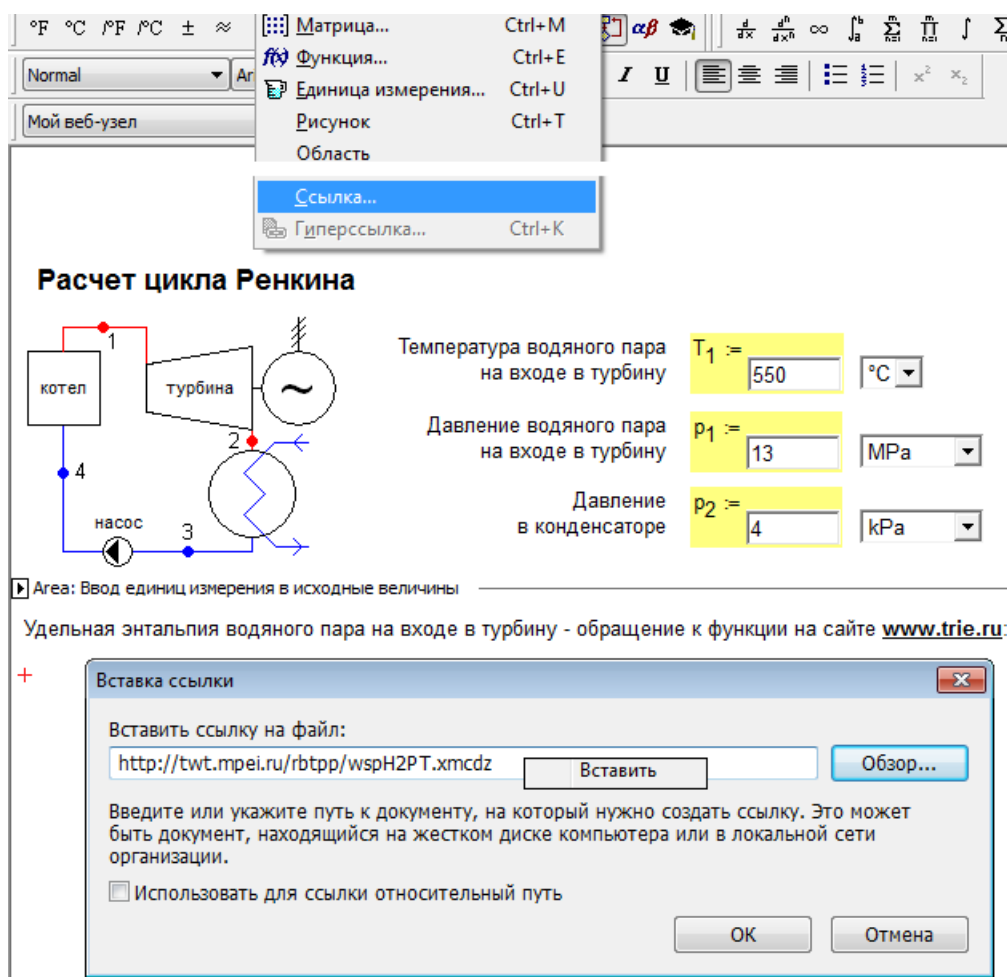


Рис. 4. Вставка в расчет ссылки на Mathcad-функцию

• Теперь для того, чтобы использовать нашу функцию, достаточно написать ее имя и имеющиеся исходные данные, например  $wspH2PT(13 \cdot \text{MPa}, 800 \cdot \text{K})$  или  $wspTSP(p_5)$  (рис. 5).

На рис. 5 отображен расчет термического КПД цикла Ренкина, куда были вставлены соответствующие ссылки, делающие доступными необходимые для расчета функции по свойствам воды и водяного пара.

Таким образом, можно сделать доступными все функции, необходимые для данного теплотехнического расчета, начало которого показано на рис. 4, а окончание – на рис. 5. Данный расчет будет работать на любом компьютере с установленной программой Mathcad и имеющем доступ в Интернет.

Пользователь компьютера при желании может щелкнуть левой кнопкой мышки по любой ссылке, показанной на рис. 5, загрузить и открыть данный Mathcad-документ, хранящий соответствующую функцию, для проверки правильности счета по ней. Этот документ можно сохранить на рабочей станции (на своем компьютере) или в локальной компьютерной сети своей организации и ссылаться уже на него в новом месте хранения – не в Интернете (в «облаках»), а на «своем», локальном, «приземленном» месте. Это делается в том случае, если связь с Интернетом не вполне надежна или ограничена. Но в этом случае лучше сразу «загрузить»

Удельная энтальпия водяного пара на входе в турбину - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspH2PT.xmcdz>  $h_1 := \text{wspH2PT}(p_1, T_1) = 3560.22 \text{ кДж/кг}$

Удельная энтропия водяного пара на входе в турбину - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspS2PT.xmcdz>  $s_1 := \text{wspS2PT}(p_1, T_1) = 7.235 \text{ кДж/(кг K)}$

Удельная энтропия влажного водяного пара на выходе из турбины:  $s_2 := s_1 = 7.235 \text{ кДж/(кг K)}$

Температура влажного водяного пара на выходе из турбины - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspTSP.xmcdz>  $T_2 := \text{wspTSP}(p_2) = 28.96 \text{ }^\circ\text{C}$

Удельная энтропия воды на линии насыщения при  $T_2$  - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspSSWT.xmcdz>  $s_{2sw} := \text{wspSSWT}(T_2) = 0.4224 \text{ кДж/(кг K)}$

Удельная энтропия насыщенного водяного пара при  $T_2$  - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspSSST.xmcdz>  $s_{2ss} := \text{wspSSST}(T_2) = 8.473 \text{ кДж/(кг K)}$

Степень сухости пара на выходе из турбины:  $x_2 := \frac{s_2 - s_{2sw}}{s_{2ss} - s_{2sw}} = 84.62\%$

Удельная энтальпия насыщенного водяного пара при  $T_2$  - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspHSST.xmcdz>  $h_{2ss} := \text{wspHSST}(T_2) = 2553.71 \text{ кДж/кг}$

Удельная энтальпия воды на линии насыщения при  $T_2$  - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspHSWT.xmcdz>  $h_{2sw} := \text{wspHSWT}(T_2) = 121.4 \text{ кДж/кг}$

Удельная энтальпия влажного водяного пара на выходе из турбины:  $h_2 := x_2 \cdot (h_{2ss} - h_{2sw}) + h_{2sw} = 2179.62 \text{ кДж/кг}$

Удельная энтальпия воды на входе в питательный насос:  $h_3 := h_{2sw} = 121.4 \text{ кДж/кг}$

Удельная энтропия воды на входе в питательный насос:  $s_3 := s_{2sw} = 0.4224 \text{ кДж/(кг K)}$

Удельная энтропия воды на входе в котел:  $s_5 := s_3 = 0.422 \text{ кДж/(кг K)}$

Температура воды на входе в котел - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspT1PS.xmcdz>  $T_4 := \text{wspT1PS}(p_1, s_5) = 29.05 \text{ }^\circ\text{C}$

Удельная энтальпия воды на входе в котел - обращение к функции на сайте [www.trie.ru](http://www.trie.ru):

Ссылка: <http://tw.t.mpei.ac.ru/rbtp/wspH1PT.xmcdz>  $h_4 := \text{wspH1PT}(p_1, T_4) = 125.404 \text{ кДж/кг}$

Удельная теплота, подводимая к котлу:  $q_1 := h_1 - h_4 = 3434.81 \text{ кДж/кг}$

Удельная работа насоса:  $l_{\text{pump}} := h_4 - h_3 = 4.001 \text{ кДж/кг}$

Удельная работа турбины:  $l_{\text{turb}} := h_1 - h_2 = 1380.59 \text{ кДж/кг}$

Термический КПД цикла:  $\eta_t := \frac{l_{\text{turb}} - l_{\text{pump}}}{q_1} = 40.08\%$

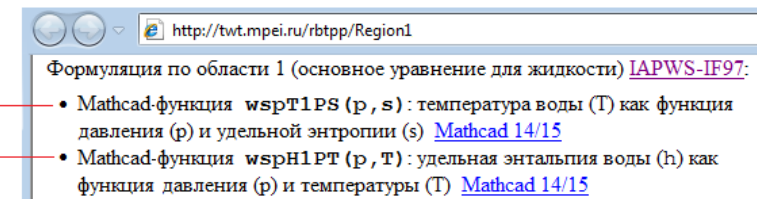
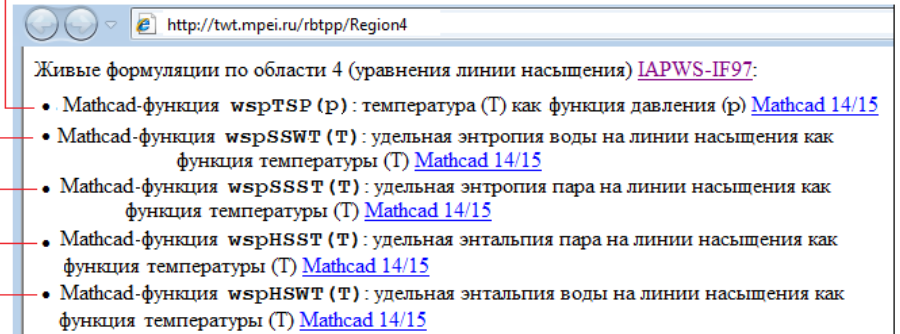
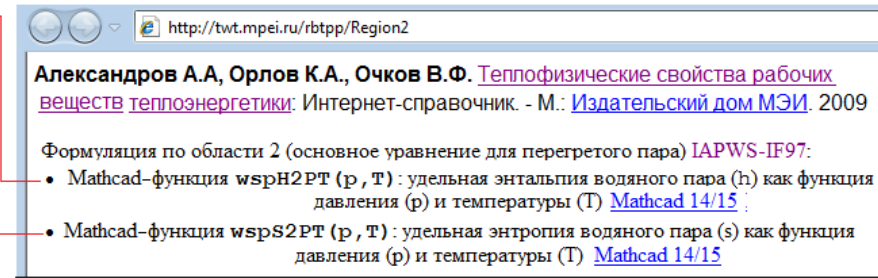


Рис. 5. Расчет цикла Ренкина со ссылками на функции по свойствам воды и водяного пара, хранящиеся в Интернете



на свой компьютер *все* функции по свойствам рабочих веществ теплоэнергетики, обратившись один раз к сайту WaterSteamPro ([www.wsp.ru](http://www.wsp.ru) – рис. 6).

После скачивания и установки на отдельном компьютере или в локальной сети программы WaterSteamPro в среде Mathcad становятся не просто видимыми, а *встроенными* (т.е. их можно вставлять через пункт меню Mathcad «Вставка») – функции с префиксами wsp (вода и водяной пар) и wspg (газы и их смеси), возвращающие теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики, а также многие другие функции, полезные в теплотехнических расчетах.

Так, на рис. 7 можно видеть, что после подключения к Mathcad функций пакета WaterSteamPro уже не нужно определять области формуляции IAPWS-IF97, в которой ведется расчет, – см. функции wspH1PT (область 1 – вода) и wspH2PT (область 2 – водяной пар) и др. на рис. 5. Пакет WaterSteamPro сам определит эту область автоматически – см. функцию wspHPT на рис. 7 и ее описание в диалоговом окне вставки функции<sup>3</sup>. Кроме того, на рис. 7 можно видеть

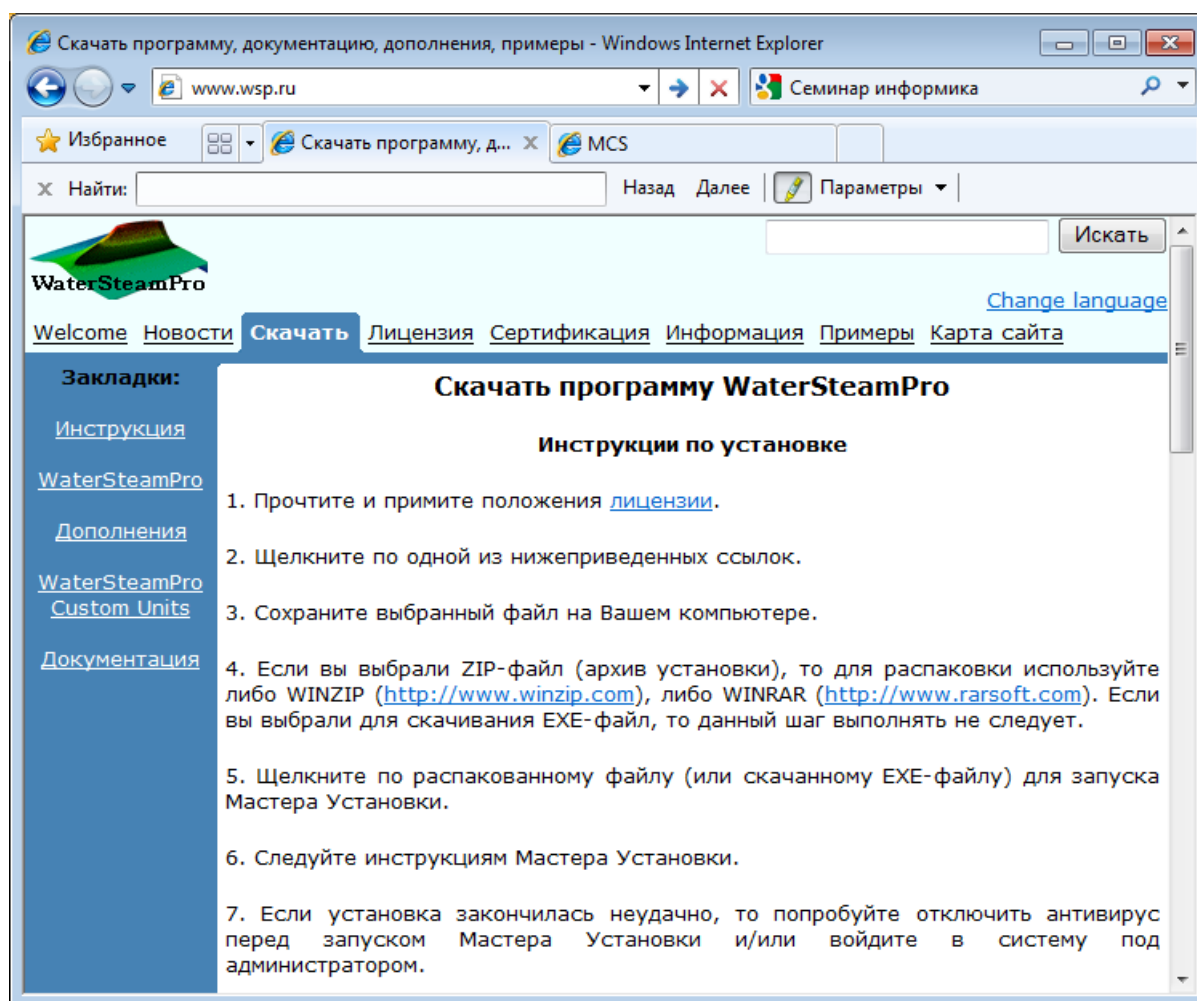


Рис. 6. Одна из страниц сайта WaterSteamPro

<sup>3</sup> Аналогичные функции, предназначенные для размещения на сайте и последующего использования ссылок на них, сейчас разрабатываются и будут появляться на нашем сайте по мере готовности.

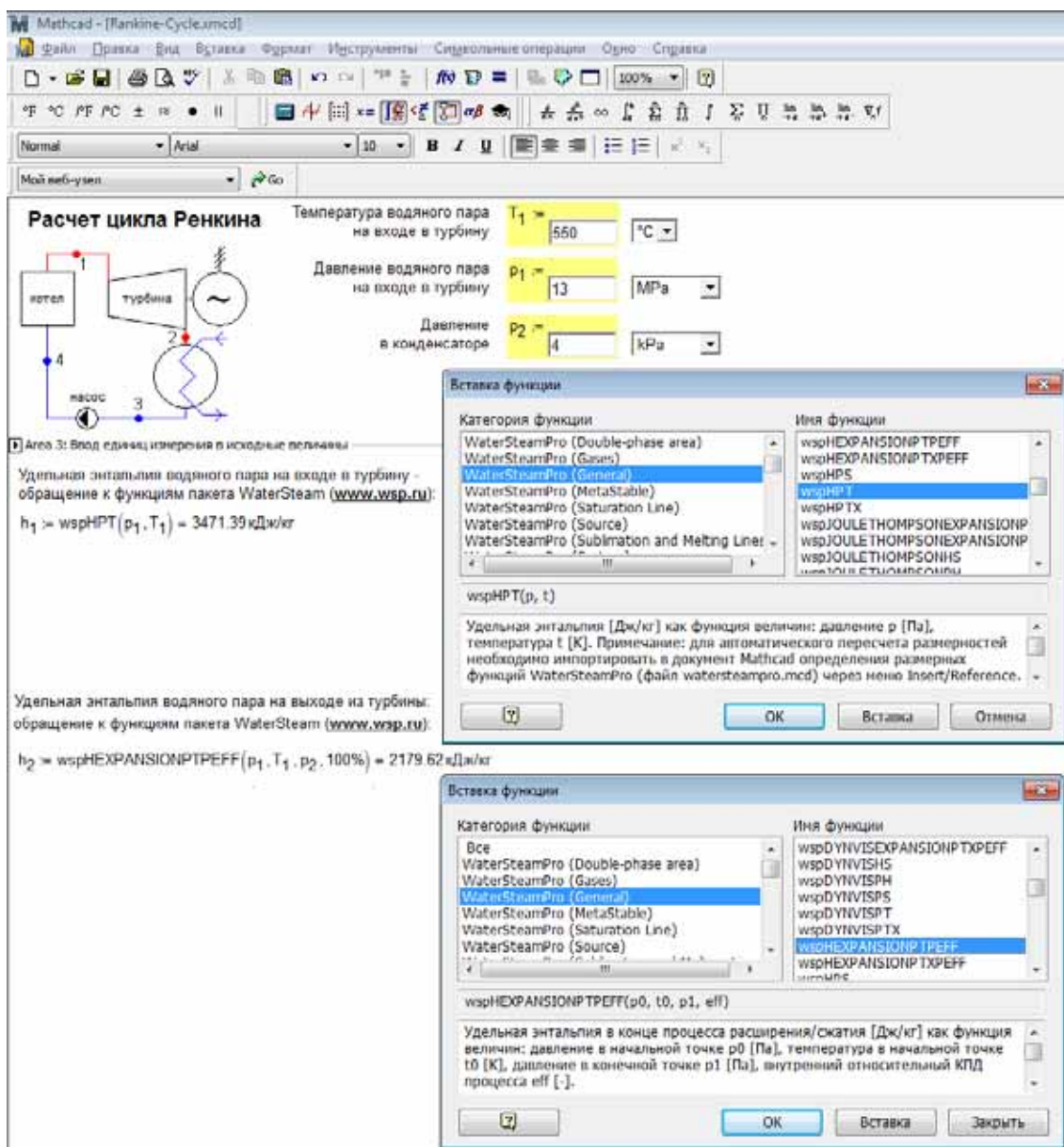


Рис. 7. Пример теплотехнического расчета с использованием пакета WaterSteamPro

работу функции, возвращающей удельную энтальпию в зависимости не от конкретных значений давления и температуры, а от условий расширения водяного пара в турбине, что значительно упрощает данный расчет – см. второе диалоговое окно на рис. 7 с выделенной функцией `wspHEXPANSIONPTREFF`, возвращающей удельную энтальпию пара (сухого или влажного), выходящего из турбины, в зависимости от начального и конечного давления, начальной температуры и внутреннего относительного КПД турбины. На базе программы WaterSteamPro было создано большое количество теплотехнических расчетов [8–14], открытых на сервере МЭИ (ТУ) – ООО «Триеру».

Технологии *ссылок* и *скачивания*, описанные в данной статье, имеют свои плюсы и минусы. Компромиссная (промежуточная) информационная технология – это установка на своем компьютере программы WaterSteamPro и регулярное ее обновление. Если же теплотехнические

расчеты ведутся на компьютерах с надежной связью с Интернетом, то можно применять технологию ссылок, описанную в данной статье. Технология ссылок на Интернет-функции открывает пользователям доступ к богатому набору других полезных теплоэнергетикам функций, размещенных на расчетном сервере МЭИ (ТУ) – ООО «Триеру».

Данная работа выполняется в рамках проекта МЭИ (ТУ) – Национальный исследовательский университет: «Информационная поддержка энергетики, энергоэффективности и энергосбережения – создание центра по теплофизическим свойствам веществ и решений для энергетики».

### Литература

1. **Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф.** Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики: Интернет-справочник. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/rbtpp> (дата обращения: 21.06.2011).

2. **Alexandrov A.A., Ochkov V.F., Orlov K.A.** Steam Tables and Diagrams on Mathcad Calculation Server for Personal Computers, Pocket Computers and Smart Phones // Proceedings of the 15th International Conference of the Property of Water and Steam, Berlin/Germany, September 7–11, 2008. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/WSPHB/Berlin2008.pdf> (дата обращения: 21.06.2011).

3. **Александров А.А., Очков В.Ф., Орлов К.А., Очков А.В.** Теплофизические свойства воды и водяного пара в Интернете // Промышленная энергетика. 2007. № 2. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/WspIn/index.html> (дата обращения: 21.06.2011).

4. **Александров А.А., Очков В.Ф., Орлов К.А., Очков А.В.** Программный комплекс «WaterSteamPro» для расчета теплофизических свойств воды и водяного пара. Доклад на X Всероссийской конференции по теплофизическим свойствам веществ. Казань, 2002. URL: [http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/WSP\\_art/index.htm](http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/WSP_art/index.htm) (дата обращения: 21.06.2011).

5. **Александров А.А., Очков В.Ф., Орлов К.А.** Уравнения и программы для расчета свойств газов и продуктов сгорания // Теплоэнергетика. 2005. № 3.

6. **Очков В.Ф.** Теплотехнический справочник в Интернете // Новое в российской электроэнергетике. 2005. № 5. URL: [http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/VPU\\_Book\\_New/mas/NRE\\_5\\_5](http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/NRE_5_5) (дата обращения: 21.06.2011).

7. **Очков В.Ф., Утенков В.Ф., Орлов К.А.** Теплотехнические расчеты в среде Mathcad // Теплоэнергетика. 2000. № 2.

8. **Волощук В.А., Очков В.Ф., Орлов К.А.** Термодинамическая оптимизация простого бинарного цикла ПГУ с котлом-утилизатором с помощью современных информационных технологий // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический университет». 2010. № 2. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ТТНБ/2/Kharkov-2010-text.pdf> (дата обращения: 21.06.2011).

9. **Орлов К.А., Волощук В.А., Очков В.Ф.** Сетевой, интерактивный, открытый расчет газотурбинной энергетической установки // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2010. № 2. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ТТНБ/2/GTU-calc.pdf> (дата обращения: 21.06.2011).

10. **Очков В.Ф.** Построение диаграмм термодинамических циклов: шаг за шагом // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2009. № 2, 3. URL: <http://twt.mpei.ac.ru/TTHB/2/ThermCycleMCS-Create.html> (дата обращения: 21.06.2011).
11. **Очков В.Ф., Александров А.А., Волощук В.А., Дорохов Е.В., Орлов К.А.** Интернет-расчеты термодинамических циклов // Теплоэнергетика. 2009. № 1. URL: <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/TE-1-2009/P77.png> (дата обращения: 21.06.2011).
12. **Очков В.Ф.** Сетевые расчеты и диаграммы теплоэнергетических процессов // Промышленная энергетика. 2008. № 12. URL: <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/WspIn/index2.html> (дата обращения: 21.06.2011).
13. **Очков В.Ф., Александров А.А., Орлов К.А., Волощук В.А., Очков А.В.** Сетевые расчеты процессов и циклов теплоэнергетических установок // Новое в российской электроэнергетике. 2008. № 10. URL: <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/WSPHB/NREE-2008-2> (дата обращения: 21.06.2011).
14. **Очков В.Ф., Александров А.А., Орлов К.А.** Термодинамические циклы: расчеты в Интернете // Вестник МЭИ. 2007. № 1. URL: [http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Therm\\_Cycle\\_Art](http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/Therm_Cycle_Art) (дата обращения: 21.06.2011).