

Информационное бюро



1'2008

Новое в российской электроэнергетике



НОВОЕ В РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Ежемесячный электронный журнал

№ 1 январь 2008 г.

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

Сопредседатель – Паули Виктор Карлович, заместитель технического директора – Главный технический инспектор ОАО РАО «ЕЭС России», главный редактор журнала «Охрана труда за рубежом»

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

Члены Совета

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

Зубакин Василий Александрович, член Правления ОАО «ГидроОГК»

Загретдинов Ильяс Шамилевич, заместитель управляющего директора Бизнес-единицы № 1 ОАО РАО «ЕЭС России», главный редактор газеты «Энерго-пресс»

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

Воронов Виктор Николаевич, заведующий кафедрой Московского энергетического института (Технического университета), главный редактор журнала «Новое в российской электроэнергетике»

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

Громогласов Сергей Александрович, заместитель директора издательства «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.

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.

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.

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

Содержание

Стр.

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

3

Перспективы электроэнергетики России

Современное состояние и перспективы развития российской электроэнергетики. И.Ш. Загретдинов (Бизнес-единица № 1 ОАО РАО «ЕЭС России»)

5

Общие вопросы электроэнергетики

Деятельность ОАО «ОГК-4» по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов. З.А. Бахметов, к.т.н. В.М. Неуймин (ОАО «ОГК-4»)

18

В помощь производству

Свойства теплоносителей и рабочих тел энергетики: информация в интернете. Д.т.н. Очков В.Ф., д.т.н. Александров А.А., к.т.н. Орлов К.А., Очков А.В. (МЭИ(ТУ) – ООО «Триеру»)

28

Со следующего номера в журнале

начнется публикация проекта документа «**Основные положения (Концепция) технической политики в электроэнергетике России на период до 2030 г.**»

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней (Перечень ВАК).

В помощь производству**СВОЙСТВА ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ И РАБОЧИХ ТЕЛ ЭНЕРГЕТИКИ:
ИНФОРМАЦИЯ В ИНТЕРНЕТЕ**

**Д.т.н. Очков В.Ф., д.т.н. Александров А.А., к.т.н. Орлов К.А., Очков А.В.
(МЭИ (ТУ) – ООО «Триеру»)**

Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара, основанные на аттестованных уравнениях Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (IAPWS – www.iapws.org), представлены во многих справочниках, например в [1]. Однако в современных условиях, когда компьютеры специалистов-теплоэнергетиков и теплофизиков, как правило, имеют выход в интернет, когда практически все технические расчеты выполняются на компьютерах, удобнее эти сведения получать со специализированных сайтов. Поэтому в дополнение к справочнику [1] авторами по технологии Mathcad Application / Calculation Server (MA/CS – http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad_14/Chapter7 [2]) был разработан сайт, размещенный в интернете по адресу <http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/WSPHB>. Сайт создавался под эгидой Российского национального комитета по свойствам воды и водяного пара (<http://twf.mpei.ac.ru/rnc>).

Если в ходе какого-либо теплотехнического расчета необходимо определить значение того или иного свойства рабочего тела и теплоносителя, используемых в энергетике, то можно раскрыть справочник и сразу, или проведя некоторую интерполяцию табличных данных, получить ответ. Но можно через интернет обратиться к соответствующему сайту и получить ответ не только в виде числа с выбранной единицей измерения, но также и в виде графика – семейства кривых или поверхности с выделенной расчетной точкой, изобарами, изотермами и другими кривыми. Кроме того, на сайте, в отличие от «бумажных» справочников, сочетания входных параметров намного шире. В справочниках исходными параметрами являются, как правило, давление и температура. На сайте в качестве исходных параметров могут быть и другие пары исходных величин – давление и энтальпия, температура и энтропия, энтальпия и энтропия и т.д. Само собой разумеется, что на сайте исходные данные могут вводиться не только дискретно (как в таблицах справочников), а любыми значениями в допустимом интервале. Из интернета также можно «скачать» соответствующие функции для встраивания их в программную среду, с которой работает тот или иной пользователь или программист.

Ниже описаны типовые страницы разработанного авторами сайта и показано, как можно усовершенствовать свой компьютер или установленные на нем расчетные программы для того, чтобы оперировать в них функциями, отражающими свойства воды и водяного пара и других теплоносителей и рабочих тел.

На рассматриваемом сайте даны ссылки на сами формуляции (это обычно документы в формате .pdf) с набором формул, по которым можно провести расчеты параметров воды и водяного пара. На рис. 1 отображен сайт с адресом <http://twf.mpei.ac.ru/MAS/Worksheets/wspRegionsAllAxes.mcd>, работа с которым, можно перестроить в разных координатах области формуляции IAPWS IF-97 (формулы (F – formulations), рекомендованные в 1997 г. IAPWS для промышленного (I – industrial) использования).

На первой диаграмме рис. 1 дано традиционное изображение пяти областей формуляции IAPWS IF-97 с осями «давление–температура»:

область 1 – вода (выше критической точки деление на воду и пар становится условным);

область 2 – водяной пар;

область 3 – околоскритическая область;

область (линия) 4 – линия насыщения;

область 5 – перегретый пар.

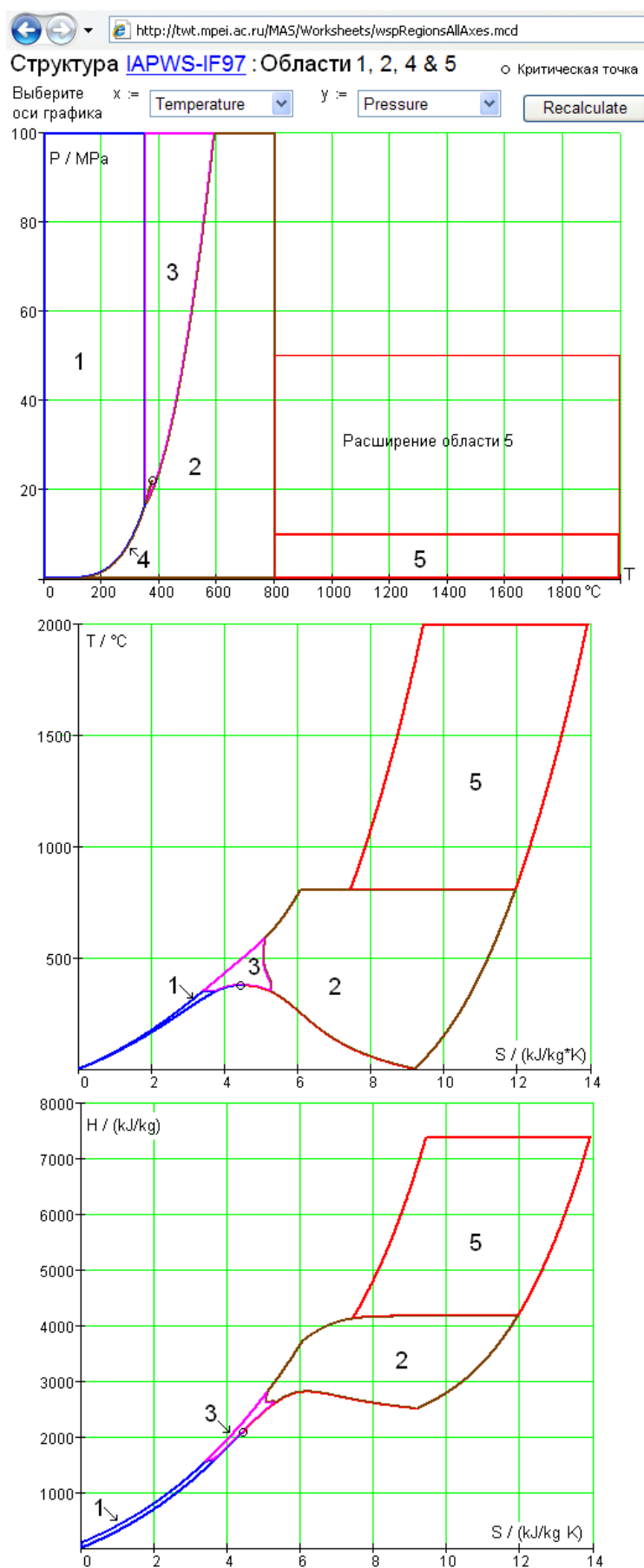


Рис. 1. Области формуляции IAPWS IF-97 по свойствам воды и водяного пара

Выбирая другие оси из списков x и y , посетитель сайта может перестроить конфигурацию данных областей. Примерами таких перестроек являются две другие диаграммы на рис. 1 – T, s -диаграмма (второй график на рис. 1) и h, s -диаграмма (третий график). На сайте, показанном на рис. 1, имеются гиперссылки к сайтам, где не только опубликованы формулы, по которым ведутся расчеты свойств воды и водяного пара в разных областях формуляции IAPWS IF-97, но и проводится соответствующий расчет по этим формулам с выдачей всех промежуточных и итоговых результатов.

На рис. 2 показан сайт ([wspRegion4t](http://twt.mpei.ac.ru/MAS/Worksheets/wspRegion4t.mcd)¹) с набором формул, которые связывают температуру и давление насыщения². По заданной пользователем температуре не только рассчитано давление насыщения (решается соответствующее квадратное уравнение), но и рассчитана, а также показана на графике погрешность этой величины. Если же необходимо узнать свойства воды и водяного пара на линии насыщения в зависимости не от температуры, а от давления, то следует обратиться к сайту по адресу [wspSat_T](#).

На рис. 3 ([wspRegion3](#)) показан набор «живых», работающих формул для расчета свойств воды и водяного пара в зависимости от плотности и температуры в околоскритической области.

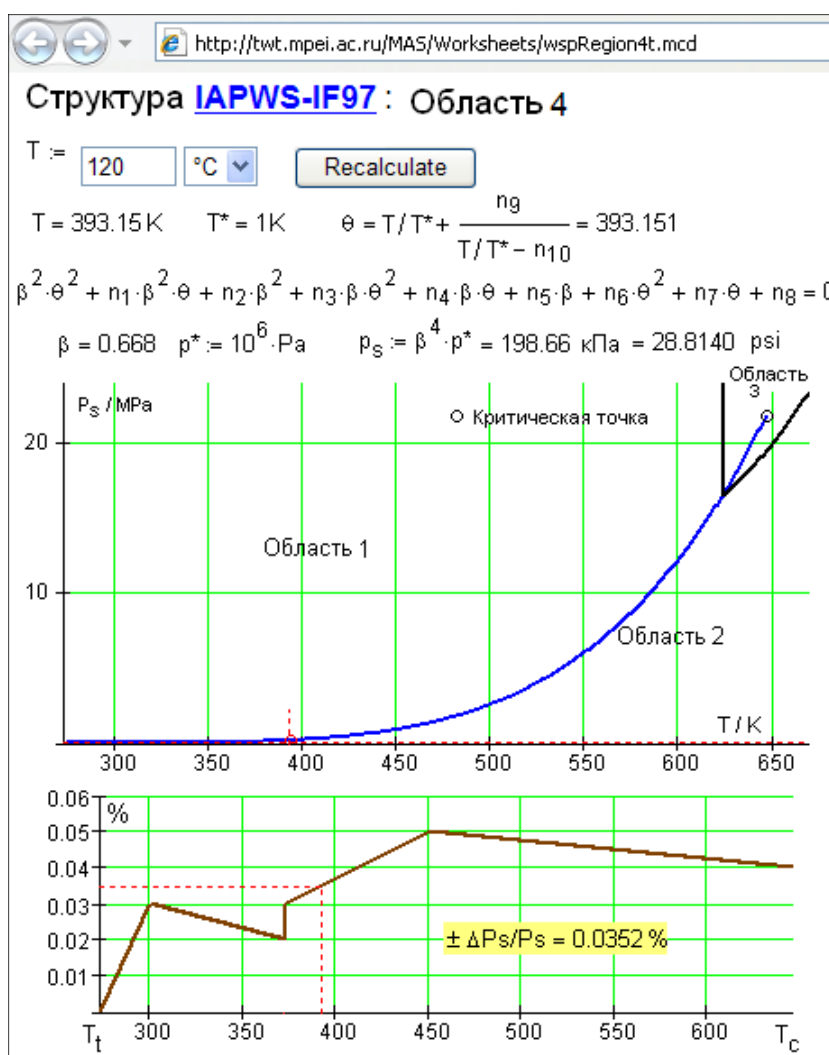


Рис. 2. Формуляции IAPWS IF-97 по линии насыщения воды и водяного пара (область 4)

¹ Здесь и далее указывается только переменная часть интернет-адреса – опускаются префикс <http://twt.mpei.ac.ru/mas/worksheets/> и постфикс [.mcd](#).

² На сайте [wspPhBC](#) такая зависимость дана для всех трех линий фазовых равновесий воды: лед–жидкость, жидкость–пар, лед–пар.

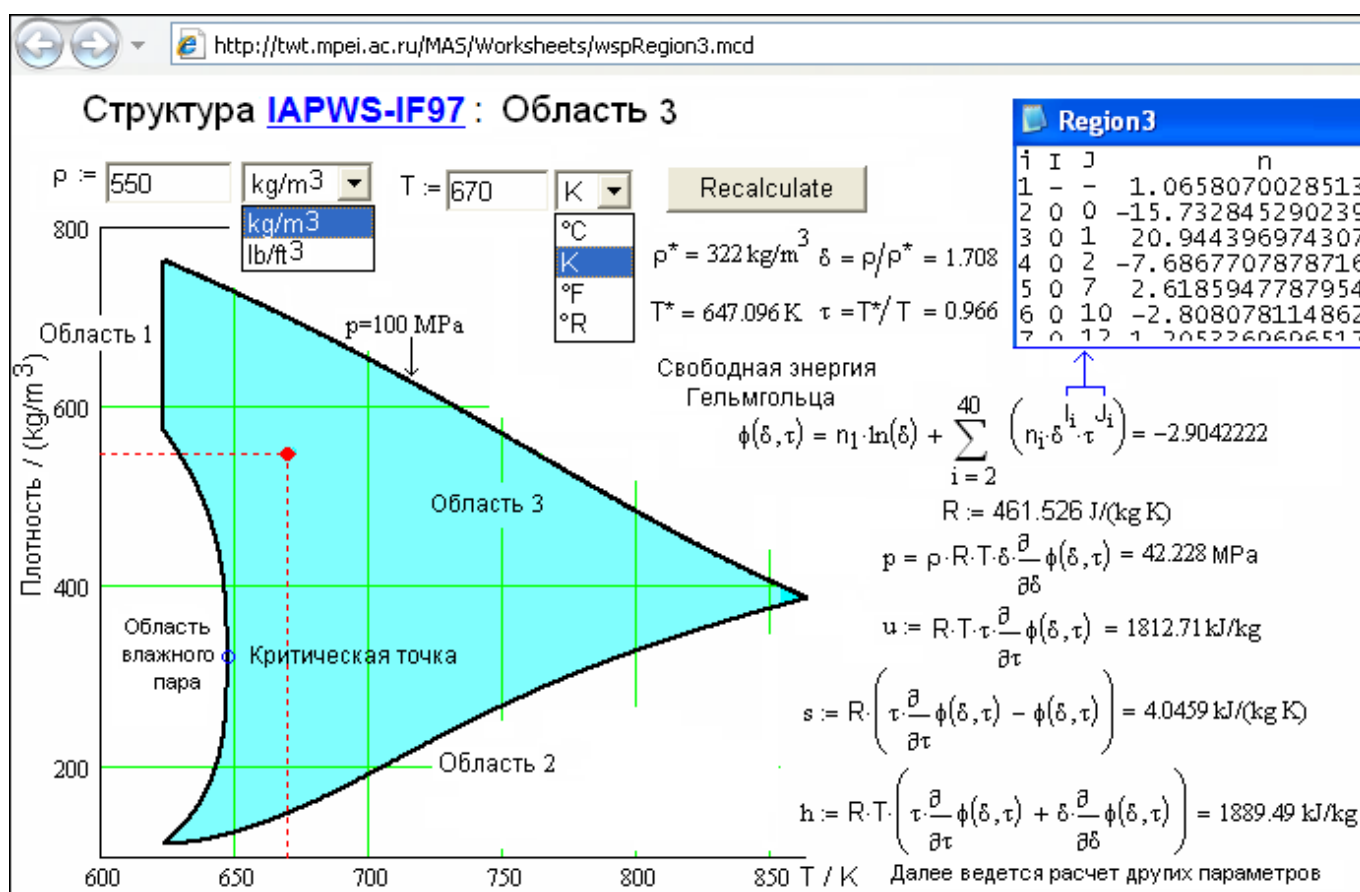


Рис. 3. Формуляции IAPWS IF-97 для третьей, околокритической области

Введенная посетителем сайта точка фиксируется в области 3 на диаграмме «плотность-температура». Есть доступ и к значениям коэффициентов n_i , формирующим формулу (полином) для свободной энергии Гельмгольца $\phi(\delta, \tau)$, что позволяет при необходимости самостоятельно создать нужные программы по расчету параметров воды и водяного пара. Подобные интерактивные открытые сетевые расчеты созданы и для других областей формуляции: [wspRegion1](#), [wspRegion2](#) и [wspRegion5](#).

На сайте [iapwsif95](#) предусмотрена также возможность интерактивной работы с формуляцией IAPWS IF-95, которая отличается от формуляции IAPWS IF-97 тем, что в ней нет деления на области, но расчет ведется по более сложным формулам³.

Работа с тем или иным программным обеспечением через интернет имеет свои плюсы и минусы. Основной недостаток технологии перекалывания расчетов с персонального компьютера на сервер интернета, увы, хорошо известен: в тот момент, когда необходимо провести расчет, связь рабочей станции с сервером может нарушиться или же исчерпан лимит работы с интернетом. Кроме того, следует не забывать и о том, что компьютеры многих пользователей просто не подключены к интернету, а их владельцы довольствуются редкими выходами в Сеть с чужих компьютеров или с компьютеров, специально выделенных в организациях для этой цели⁴.

³ Формулы формуляции IAPWS IF-97 также довольно сложны и требуют значительных ресурсов времени и памяти при реализации их на компьютере. Поэтому предусмотрена возможность упрощения формул. Так, при создании функций, отражающих параметры воды и водяного пара на линии насыщения или в однофазной области, можно не решать довольно сложные уравнения, а ограничиться интерполяцией по точкам.

⁴ Многие крупные фирмы строят свою собственную изолированную компьютерную сеть, охватывающую филиалы в разных странах. В настоящее время энергетические компании – наследники РАО «ЕЭС России» (ТГК, ОГК и др.) формируют свои корпоративные сети.

Многие фирмы блокируют выход в интернет компьютеров своих сотрудников не только из-за экономии средств, но и в целях безопасности, строя свою отдельную корпоративную сеть (интранет). Описываемый в статье сервер и расчетные сайты по свойствам теплоносителей могут быть установлены и в корпоративных сетях, дополнены специфическими сертифицированными расчетными документами, практикуемыми в этих организациях (см. например, сайт www.vpu.ru/mas).

Вследствие этого и по другим причинам авторами был предусмотрен и альтернативный допуск к свойствам воды и водяного пара через разовое скачивание файлов из интернета или с распространяемого авторами CD-ROM-диска, если нет доступа в Сеть. На рис. 4 показана страница интернета (одного из документов CD-ROM-диска), с которой пользователь может «скачать» и установить на своем компьютере ту или иную версию программы WaterSteamPro (www.wsp.ru) или ее обновление⁵.

Установка программы WaterSteamPro на компьютере пользователя позволяет работать автономно, без выхода в Сеть с так называемыми *калькуляторами* свойств воды и водяного пара, а также газов и смесей газов. На рис. 5 отображен не только калькулятор по свойствам воды и водяного пара с расчетной ситуацией, аналогичной той, какая была показана на рис. 2 (определение параметров воды на линии насыщения при $t = 120$ °С), но и путь вызова калькулятора в среде операционной системы Windows: «Все программы/WaterSteamPro» | «WaterSteamPro/Calculaton».

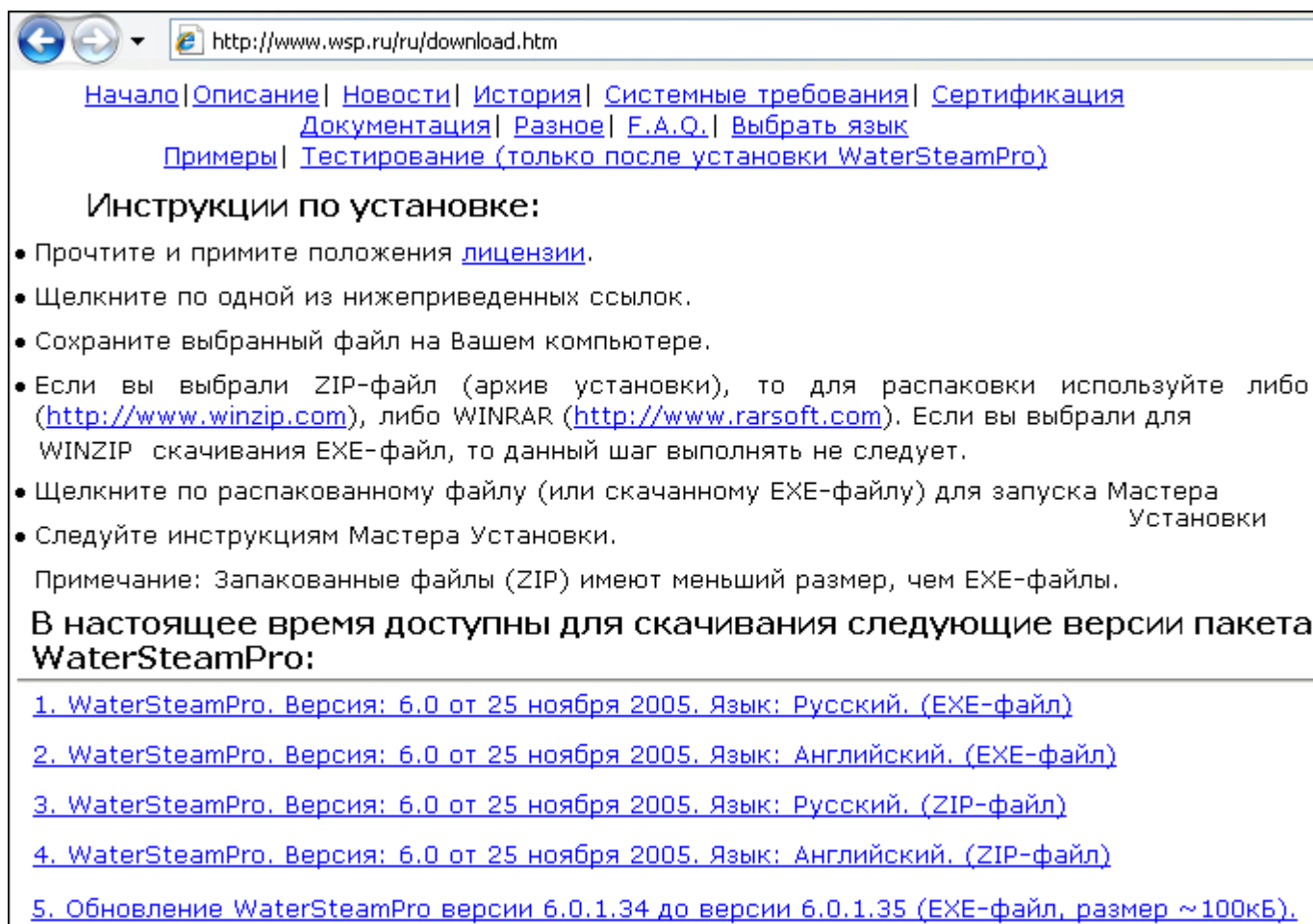


Рис. 4. Страница сайта WaterSteamPro: «скачивание» программы по свойствам воды и водяного пара

⁵ Пользователь может автоматически получать информацию об обновлениях, если он подпишется на нее или настроит на это свой браузер (см. на рис. 5 команду «Проверка наличия обновления»).

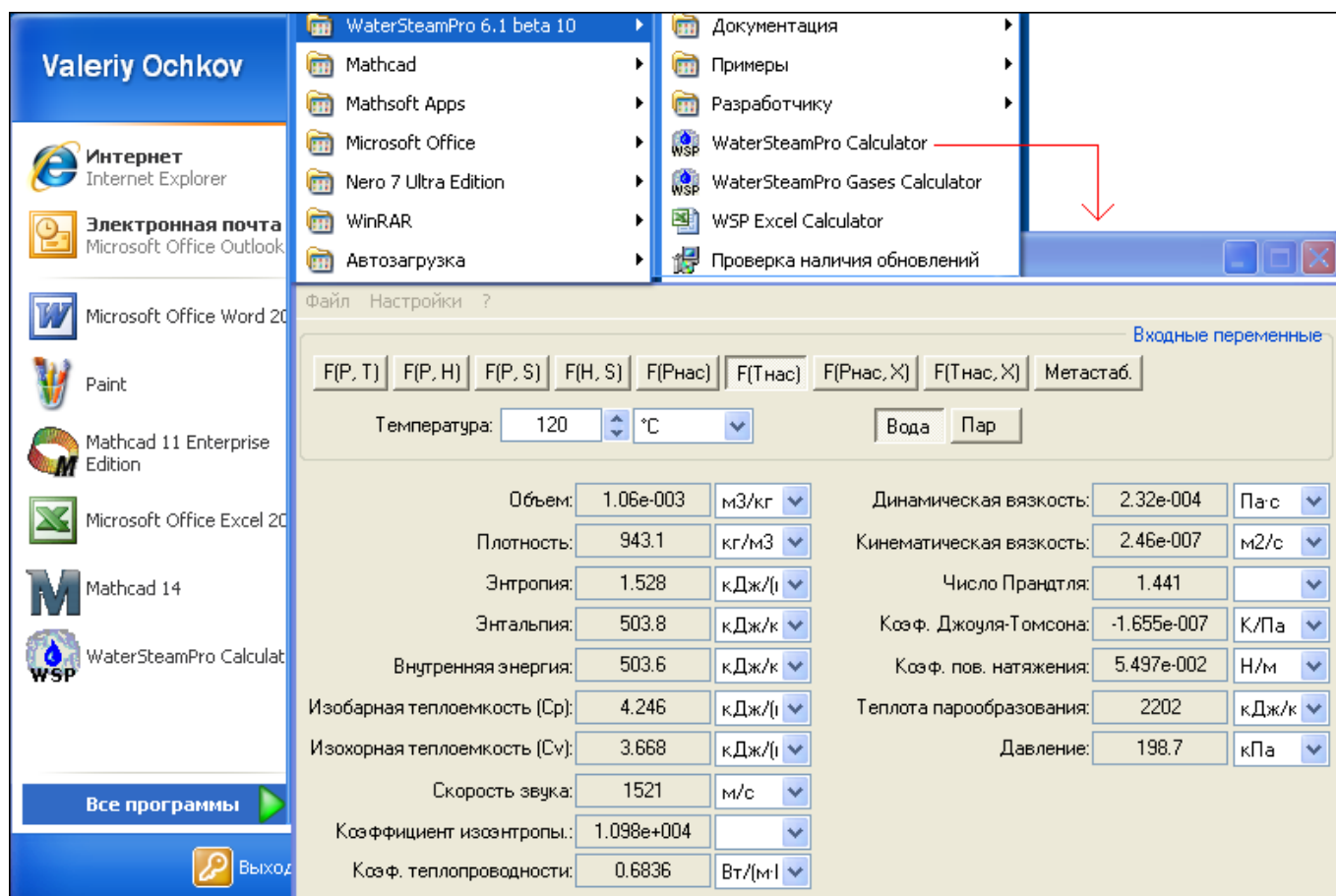


Рис. 5. Программа WaterSteamPro на компьютере пользователя – калькулятор по свойствам воды и водяного пара

На рис. 6 отображен калькулятор по свойствам газов и газовых смесей с расчетной ситуацией, аналогичной той, которая будет показана на рис. 16 (расчет парогазовой установки с определением параметров влажного воздуха при $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$). Вывод числовых данных на данном калькуляторе сопровождается графиками, показывающими соответствующие температурные зависимости.

Кнопки вызова калькуляторов, показанных на рис. 5 и 6, можно разместить на рабочем столе компьютера, чтобы данное специализированное пользовательское приложение Windows всегда было под рукой у инженера-теплоэнергетика или студента соответствующей специальности вуза.

Установка пакета WaterSteamPro на компьютере пользователя позволяет вести не только разовые расчеты, описанные выше (см. рис. 2, 3, 5 и 6), но и интегрировать функции, отражающие свойства воды, водяного пара и газовых смесей, в популярные вычислительные системы и языки программирования Fortran, Pascal, BASIC, C и др. На рис. 7 показана такая интеграция пакета WaterSteamPro с табличным процессором Excel, а на рис. 8 – с математической программой Mathcad.

В среде пакета Mathcad (рис. 8) пересчет единиц измерения ведется автоматически [2, 3]. В среде же Excel (рис. 7) необходимо вручную делать переводы из вспомогательных единиц (например, мм рт. ст. или градусы Цельсия) в основные (паскалы и кельвины).

Расчеты, сделанные с помощью пакета Mathcad, к которому добавлены функции по свойствам теплоносителей и рабочих тел, используемых в энергетике (см. рис. 8), как уже отмечалось ранее, можно открывать в интернете или интранете по технологии MA/CS⁶. Это позволило авторам опубликовать

⁶ Mathcad Application/Calculation Server – программа, позволяющая запускать в интернете или интранете (в корпоративных сетях) расчеты, созданные в среде инженерного суперкалькулятора Mathcad (см. рис. 8).

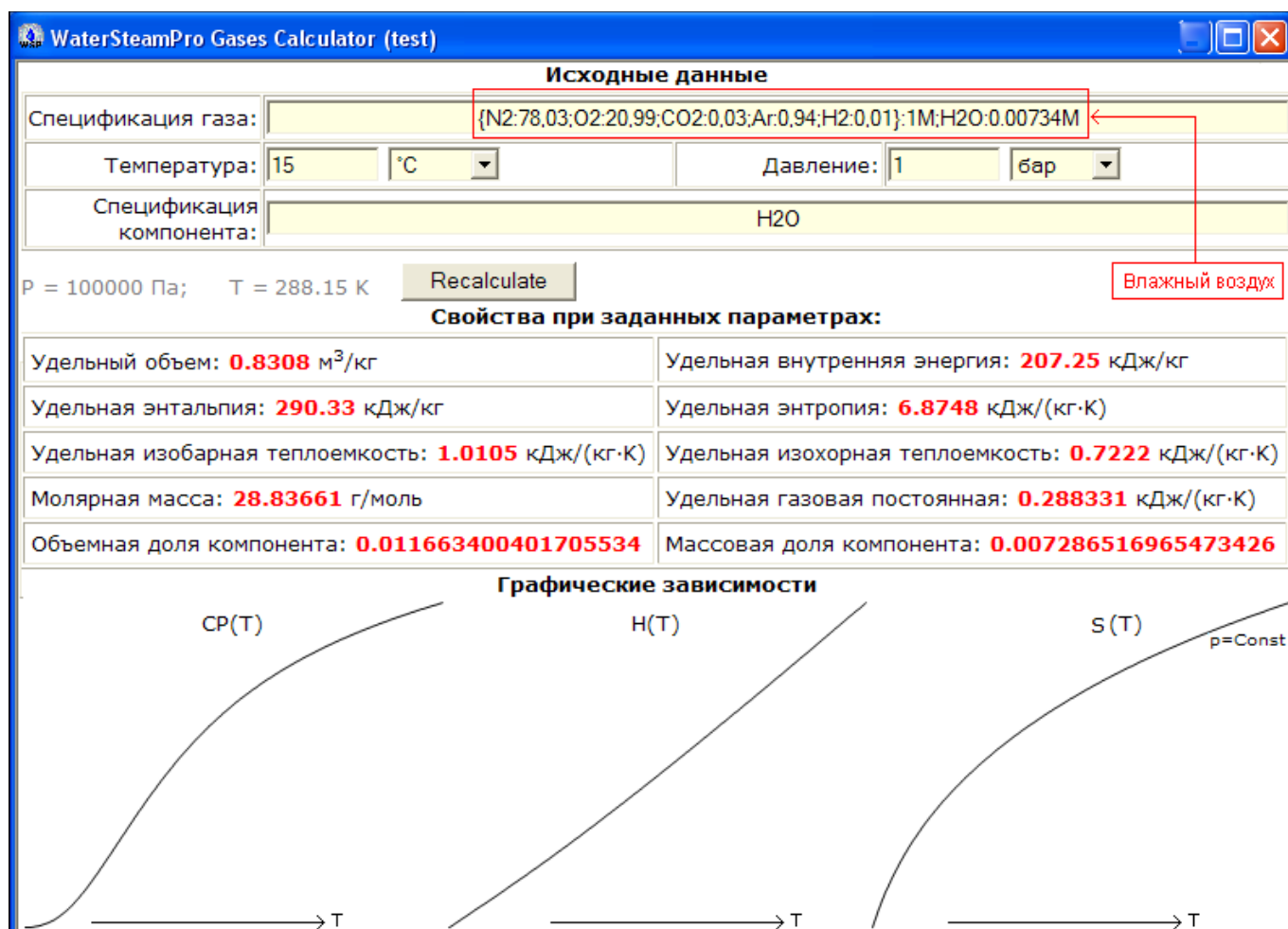


Рис. 6. Программа WaterSteamPro на компьютере пользователя – калькулятор свойств газовых смесей

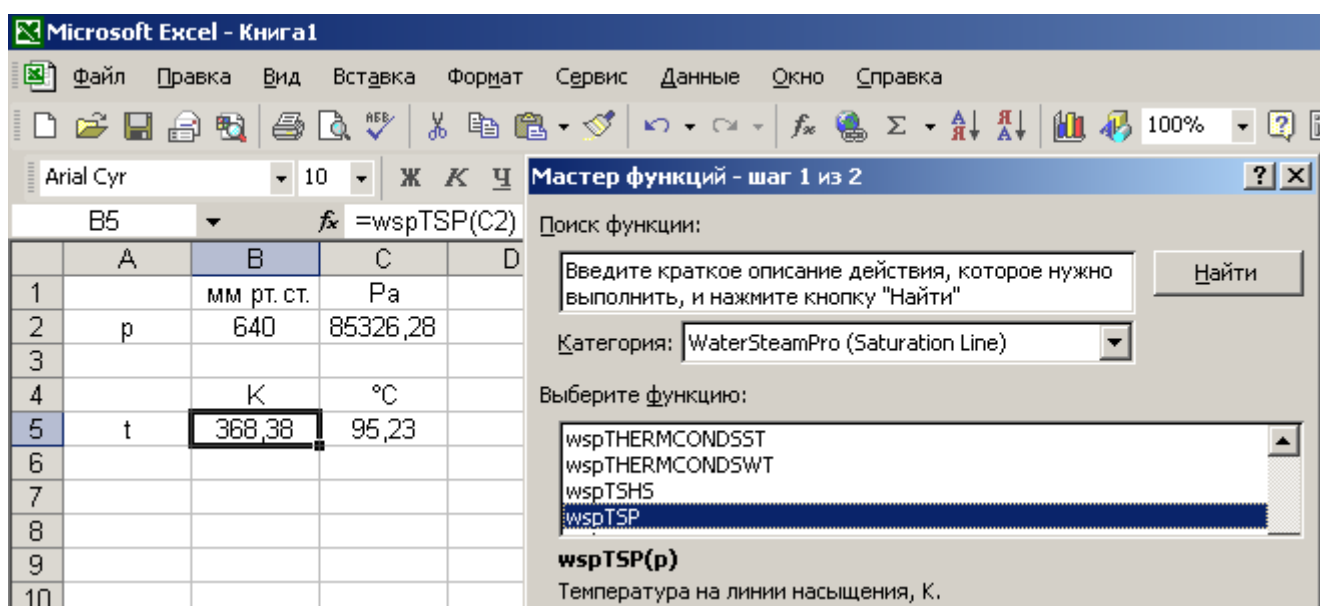


Рис. 7. Пример интеграции программы WaterSteamPro с табличным процессором Excel

ликовать в Сети множество интерактивных расчетных документов описываемого в статье сайта. При этом расчеты могут сопровождаться показом соответствующих формул (см. рис. 2 и 3) и графиков, иллюстрирующих изменение параметров воды и водяного пара в зависимости от других величин. Так, на рис. 9 (сайт с именем wspCpTP) показана поверхность, связывающая температуру, давление и удельную изобарную теплоемкость (C_p) воды и водяного пара.

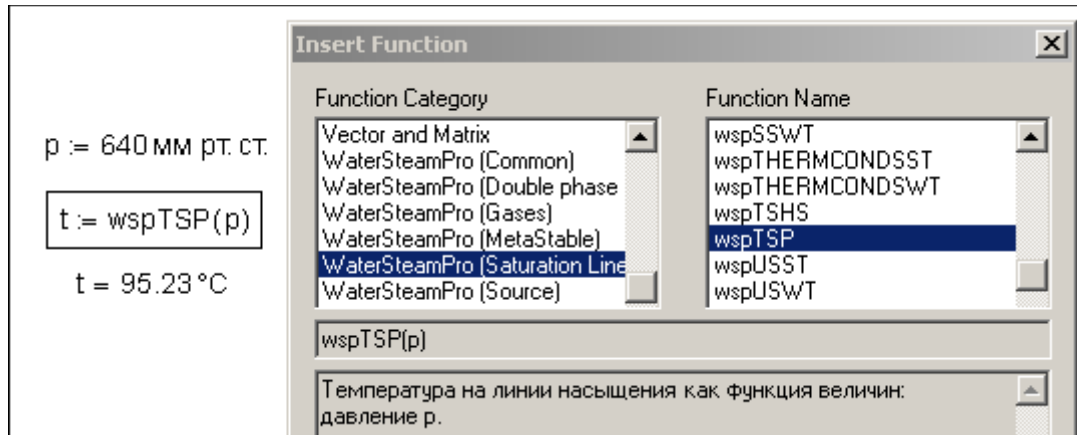


Рис. 8. Пример интеграции программы WaterSteamPro с математической программой Mathcad

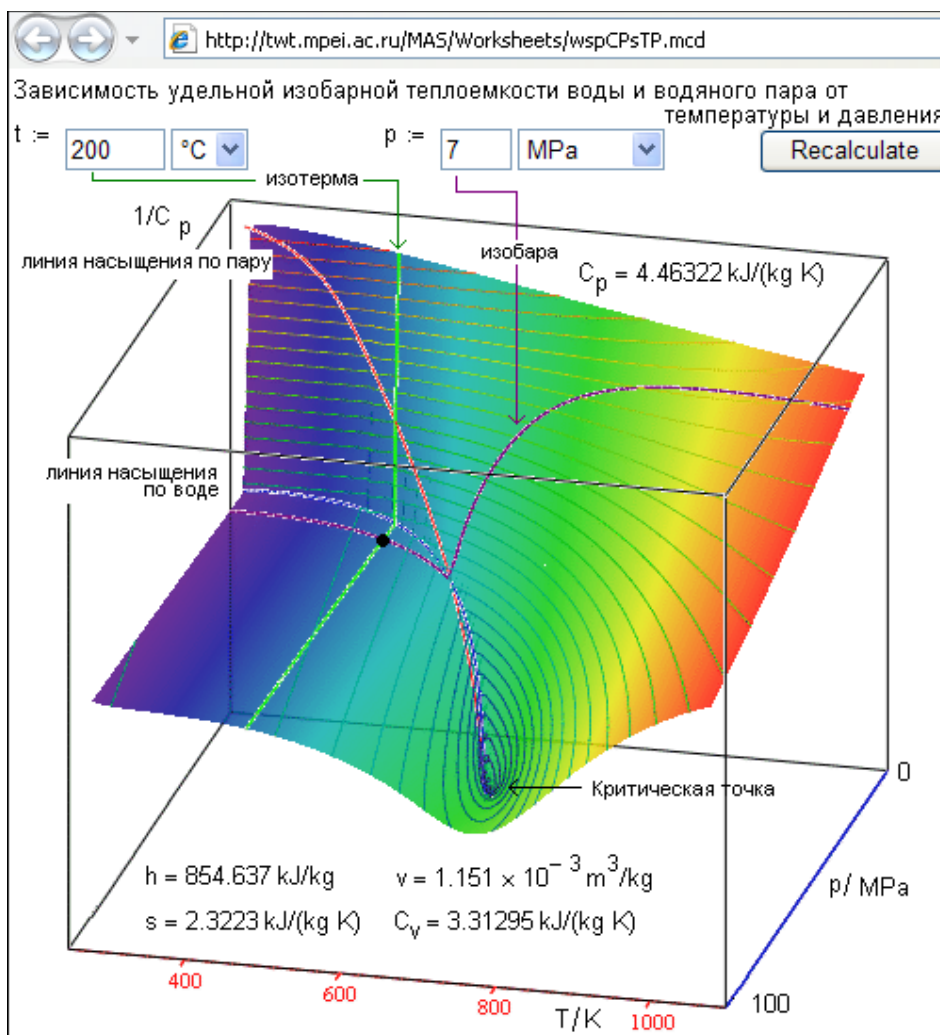


Рис. 9. Поверхность $1/C_p(p, T)$ воды и водяного пара

На рис. 9 показана поверхность, отражающая зависимость удельной изобарной теплоемкости воды и водяного пара от температуры и давления, причем теплоемкость представлена обратной величиной $1/C_p$, т.к. вблизи критической точки C_p стремится к бесконечности. На ней проведены линии насыщения по воде и водяному пару и заданные посетителем сайта изотерма и изобара, пересечение которых дает нужную точку, в которой и рассчитываются значения не только C_p , но и других параметров воды и водяного пара.

На рис. 10 (*wspWDP*) зависимость одного параметра воды и водяного пара от двух других отображена не поверхностью (как на рис. 9), а семейством кривых.

Посетитель сайта вводит значения давления и температуры и видит свою точку среди кривых (в данном случае – изобар) диаграммы «скорость звука – плотность». Подобные сайты с поверхностями и семействами кривых (изобар, изотерм, изохор и др.) имеются практически для всех сочетаний трех параметров воды и водяного пара. Такое графическое сопровождение ответа позволяет видеть его в «динамике», т.е. при изменении исходных данных. Но графическая интерпретация (а она особо полезна в образовательных целях) несколько замедляет выдачу ответа, повышает трафик посетителя интернета. Поэтому были созданы «облегченные» сайты, где выдаются только числовые ответы. Один из таких сайтов показан на рис. 11, где выход в интернет осуществлен уже не через персональный компьютер (см. рис. 1–4, 9 и 10 со строками адресов браузера Internet Explorer, входящего в состав операционной системы Windows), а через карманный компьютер (PDA – Personal Digital Assistant). На рис. 11 показаны еще два сайта, о первом из которых разговор особый.

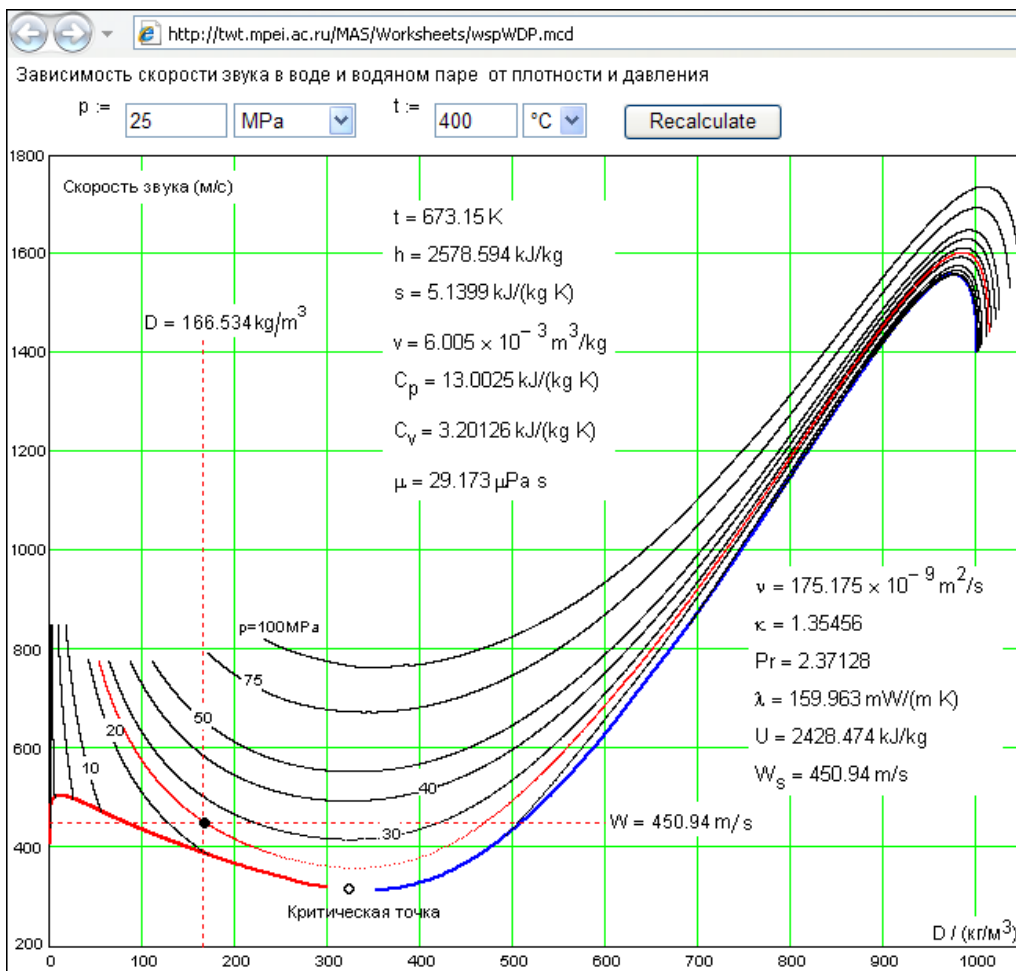


Рис. 10. Семейство изобар в координатах «скорость звука – плотность»

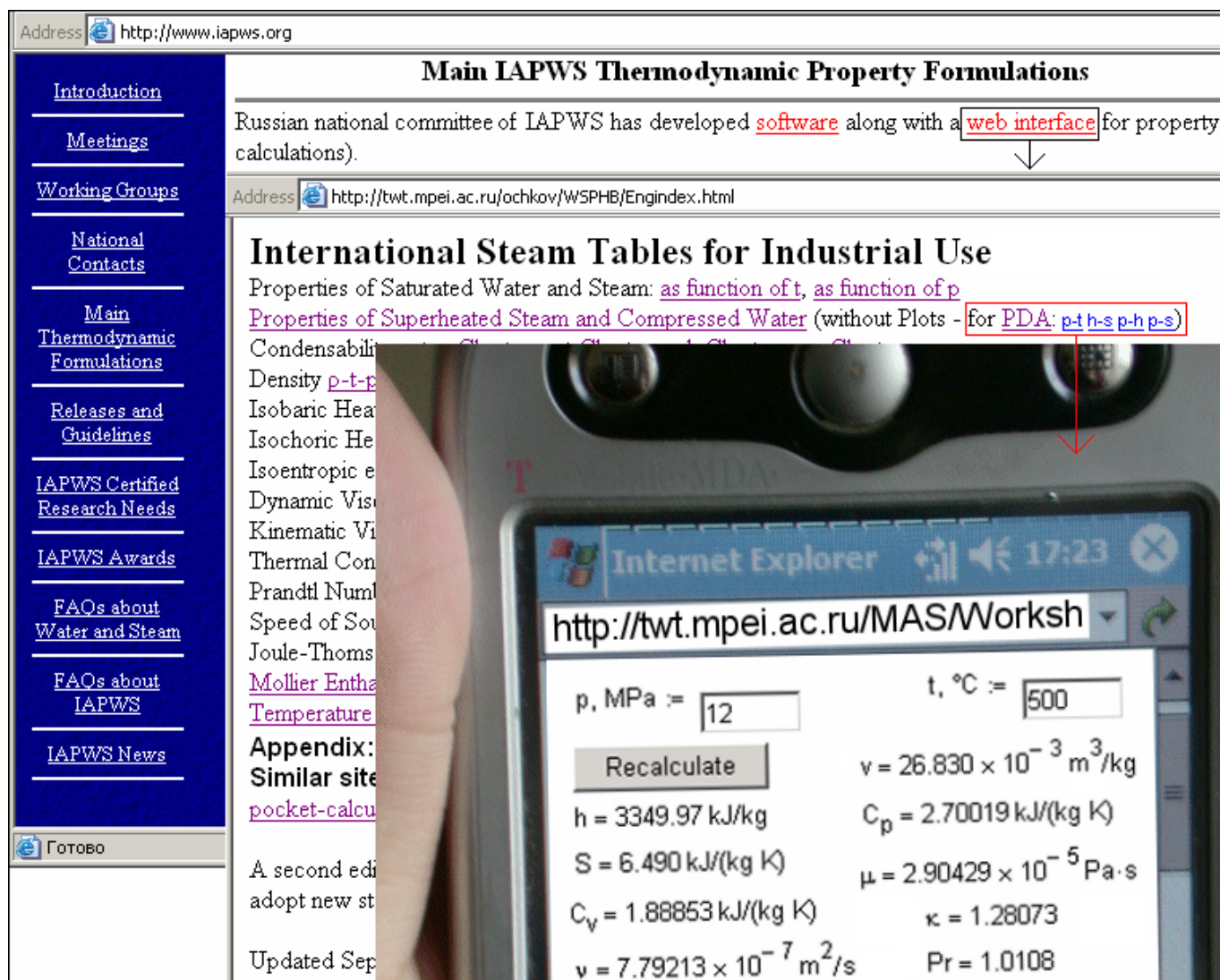


Рис. 11. Выход на сайт по расчету свойств воды и водяного пара

Достоверность информации в «бумажных» справочниках в какой-то мере подтверждается солидностью соответствующих издательств с их штатом научных консультантов, редакторов и корректоров. Страницы же интернета нередко отданы на откуп случайным создателям сайтов и не подвергаются жесткому редактированию и тщательной корректуре. Естественно, возникает вопрос: кто и как может гарантировать точность данных по свойствам воды и водяного пара, выдаваемых описываемым сайтом?!

Во-первых, посетитель сайта может взять в руки «твердый» справочник (например [1]) и лично убедиться, что данные с сайта совпадают с данными справочника. Отклонения тут могут быть двух типов. На сайте в ответе иногда могут выдаваться лишние знаки после запятой. Но главное — на сайте могут выдаваться... более точные значения. Дело в том, что формуляции по свойствам воды и водяного пара непрерывно дополняются и уточняются. Так, на последней ежегодной сессии IAPWS, проходившей в августе 2007 г. в г. Люцерне (Швейцария), были приняты к утверждению новые данные по вязкости воды и водяного пара. Эти уточненные данные в «твердые» справочники попадут нескоро – только при очередном переиздании. В интернете же они будут опубликованы для общего доступа с возможностью соответствующих интерактивных расчетов сразу после их утверждения.

Во-вторых, программа WaterSteamPro сертифицирована на государственном и на отраслевом уровнях – имеются соответствующие документы на этот счет (письма Госстандарта и РАО «ЕЭС России»), которые также опубликованы на сайте. Кроме того, как можно видеть из рис. 11, с сайта Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (www.iapws.org – см. верхнюю часть рис. 11) сделана ссылка на описываемый сайт (на его английский вариант – <http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/WSPHB/Engindex.html>). Это также может служить неким дополнительным признаком сертификации сайта.

Несколько иначе выбор исходных данных заложен в сайт с адресом `wsp_PT_X`, отображенном на рис. 12 и предназначенный для расчетов в *двухфазной области*. Посетитель данного сайта имеет возможность указать значение давления или температуры, выбрать второй параметр (аргумент

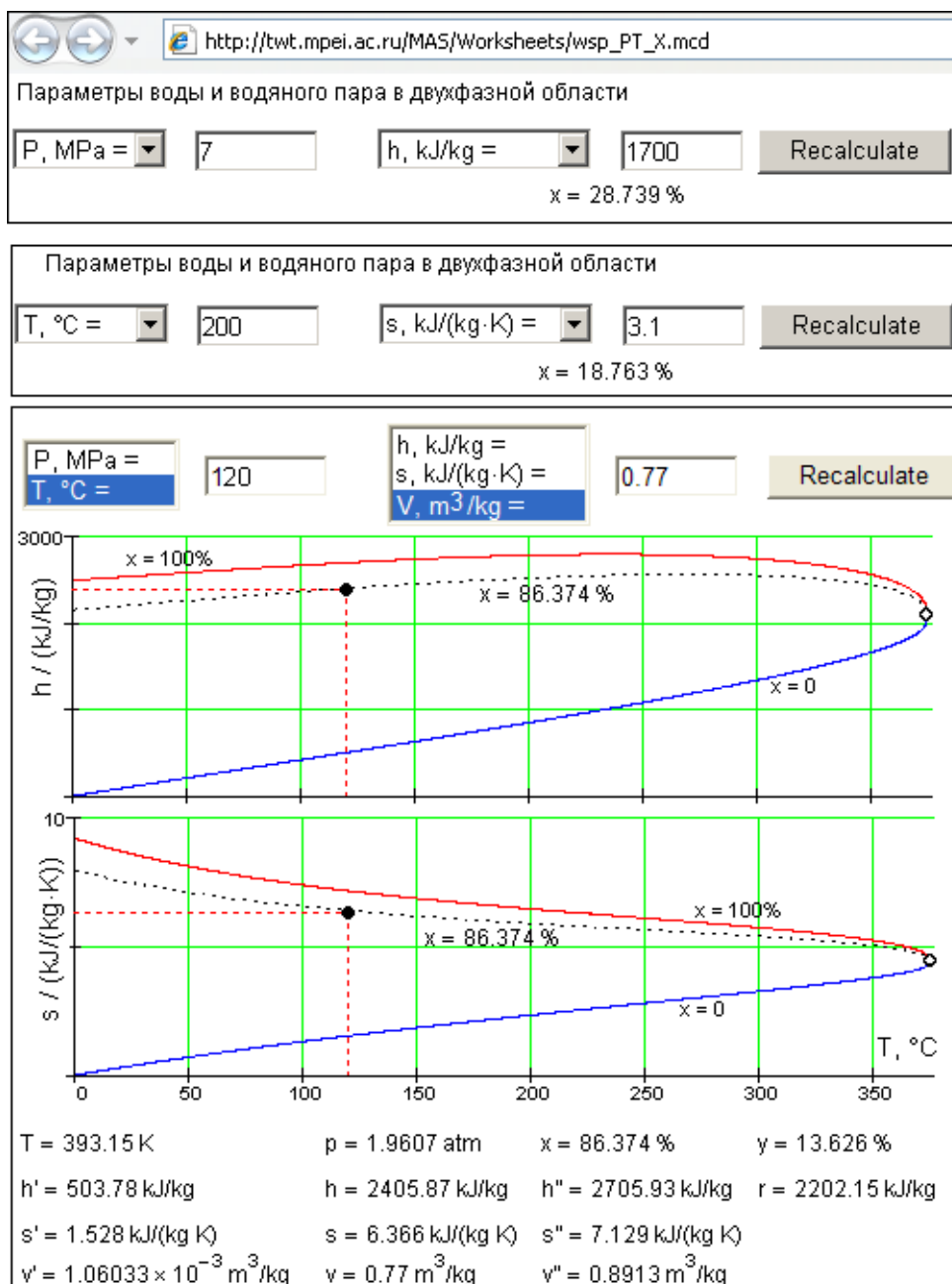


Рис. 12. Параметры воды и водяного пара в двухфазной области. Исходные параметры – давление и параметр, выбранный пользователем

функции) из списка (удельные энтальпия, энтропия или объем) и указать его значение. После этого выдаются значения коэффициента сухости пара x и фиксируются точки на графиках.

На рис. 12 зафиксированы следующие расчетные ситуации:

первая – посетитель сайта знает давление влажного пара (7 МПа) и его удельную энтальпию (1700 кДж/кг);

вторая – известны температура (200 °С) и удельная энтропия – 3,1 кДж/(кг·К);

третья – известны температура (120 °С) и удельный объем – 0,77 м³/кг.

Числовой ответ (рассчитанное значение x) сопровождается графиками изменения параметров воды и водяного пара на линии насыщения с дополнительной изолинией $x = \text{const}$. Но самым универсальным является сайт с адресом [wsp_TextBox](http://twt.mpei.ac.ru/wsp_TextBox), показанный на рис. 13, где посетитель имеет возможность вводить:

♦ имена функций пакета WaterSteamPro (их список хранится на сайте http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/WaterSteamProFunctionsList.html, на который есть соответствующая ссылка из сайта, показанного на рис. 13);

- ♦ значение одного или нескольких аргументов;
- ♦ единицу измерения числа в ответе;
- ♦ число знаков после запятой (digit).

После ввода остается нажать на кнопку Recalculate и получить нужный ответ⁷.

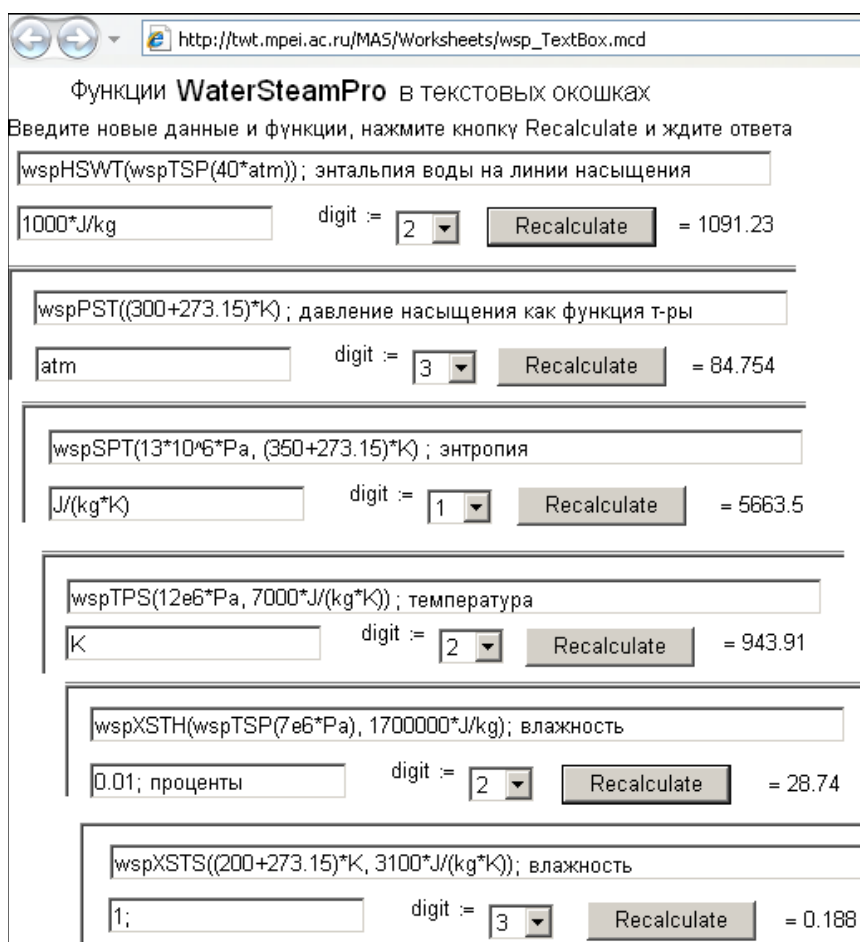


Рис. 13. Универсальный сетевой документ по расчету свойств воды и водяного пара

⁷ Через сайт, показанный на рис. 13, можно рассчитывать свойства водяного пара также и в метастабильной области (переохлажденный пар), вводя соответствующие функции и аргументы в диалоговое окно.

На рис. 13 показаны следующие расчетные ситуации:

- ♦ определение энтальпии (H) на линии насыщения (S) воды (W) в зависимости от давления – функция `wspH SWT`, в которую вложена функция `wspTPS`;
- ♦ определение давления (P) насыщения (S) в зависимости от температуры (T) – см. функцию `wspPST`;
- ♦ определение энтропии (S) в зависимости от давления (P) и температуры (T) – функция `wspSPT`;
- ♦ определение температуры (T) по давлению (P) и энтропии (S) – функция `wspTPS`;
- ♦ определение влажности пара (x) в зависимости от давления (в функцию `wspXSTH` вложена функция `wspTSP`) и энтальпии (H);
- ♦ определение влажности пара (x) в зависимости от температуры (T) и энтропии (S).

В именах функции несложно прочесть их сущность – то, что они отражают и какие аргументы имеют. Первая часть имени (префикс `wsp`) – это (аббревиатура названия пакета `WaterSteamPro`), далее стоит обозначение выдаваемого параметра (T , S , H , P , x и т.д.) и перечисление аргументов функции. Кроме того, в имена функций в ряде случаев включены сокращения: S (Saturation – насыщение), W (Water – вода), S (Steam – пар), M (Metastable – метастабильный) и т.д. Функции, предназначенные для расчета свойств газов и газовых смесей, имеют префикс `wspg`. Функция `wspgSGSPT`, например, возвращает удельную энтропию в зависимости от спецификации газа (GS), давления (P) и температуры (T).

Функции по свойствам воды, водяного пара, газов и газовых смесей, подключенные к пакету `Mathcad`, документы которого открываются в интернете по технологии `MA/CS`, позволяют публиковать в Сети не только расчеты по отдельным точкам (см. рис. 2, 3 и 5–11), но и расчеты неких теплотехнических процессов [4–5]. Так, на рис. 14 (T - s - $Dross$) показан сайт интернета, по которому можно рассчитать и отобразить на T , s -диаграмме процесс дросселирования водяного пара ($h = \text{const}$).

На рис. 15 (`Rankine3D`) показан сетевой расчет и графическое отображение цикла Ренкина на перегретом паре.

Сам цикл Ренкина отображается не только в традиционном «плоском» виде (T , s -диаграмма), но и на трехмерной диаграмме (например, T , s , p -диаграмма) с возможностью выбора осей диаграмм. Ведется не только термодинамический, но и эксергетический анализ цикла, что позволяет, в частности, построить диаграмму «эксергия–энтропия». На сайте <http://twt.mpei.ac.ru/TTHB/2/ThermCycleMCS-Create.html> дано подробное описание создания расчета, показанного на рис. 15. Читатель, изучив данное описание и поставив на свой компьютер программу `Mathcad` и пакет `WaterSteamPro`, может сам создавать подобные теплотехнические расчеты и при желании присылать их авторам (`OchkovVF@mpei.ru`) для публикации на `MA/CS`-сервере МЭИ. На сайте <http://twt.mpei.ac.ru/TTHB/2/ThermCycleMCS.html> опубликованы и другие расчеты термодинамических циклов, включая и реальные, используемые в отечественной и зарубежной энергетике.

Как уже было отмечено, пакет `WaterSteamPro` содержит не только функции по свойствам воды и водяного пара, но и функции по свойствам газов и газовых смесей (воздух, горючие смеси, продукты сгорания и т.д. – см. рис. 6). Это позволяет, в частности, вести сетевые расчеты не только по паротурбинным установкам (см. рис. 14 и 15), но и по газовым турбинам и парогазовым установкам (рис. 16 – `PGU`).

Для того чтобы через интернет работать с пакетом (комплексом) `WaterSteamPro` и оперативно получать нужные данные по свойствам воды и водяного пара, нет необходимости каждый раз по-новому вводить довольно длинные адреса соответствующих сайтов (см. заголовки большинства рисунков статьи) – достаточно настроить меню «Избранное» браузера Интернет (возможно использование и других браузеров: `Opera`, `Netscape Navigator` и т. д.). Необходимо только соответствующим образом настроить формат вывода информации, что можно выполнить либо «вручную» (выходом на нужный сайт с последующей отдачей команды «Добавить в Избранное...»), либо «скачиванием» из Сети (с адреса http://twt.mpei.ac.ru/MAS/wsp_Explorer.rar) специальной настройки браузера (папки с файлами), разархивированием ее и помещением в папку Избранное своего компьютера.

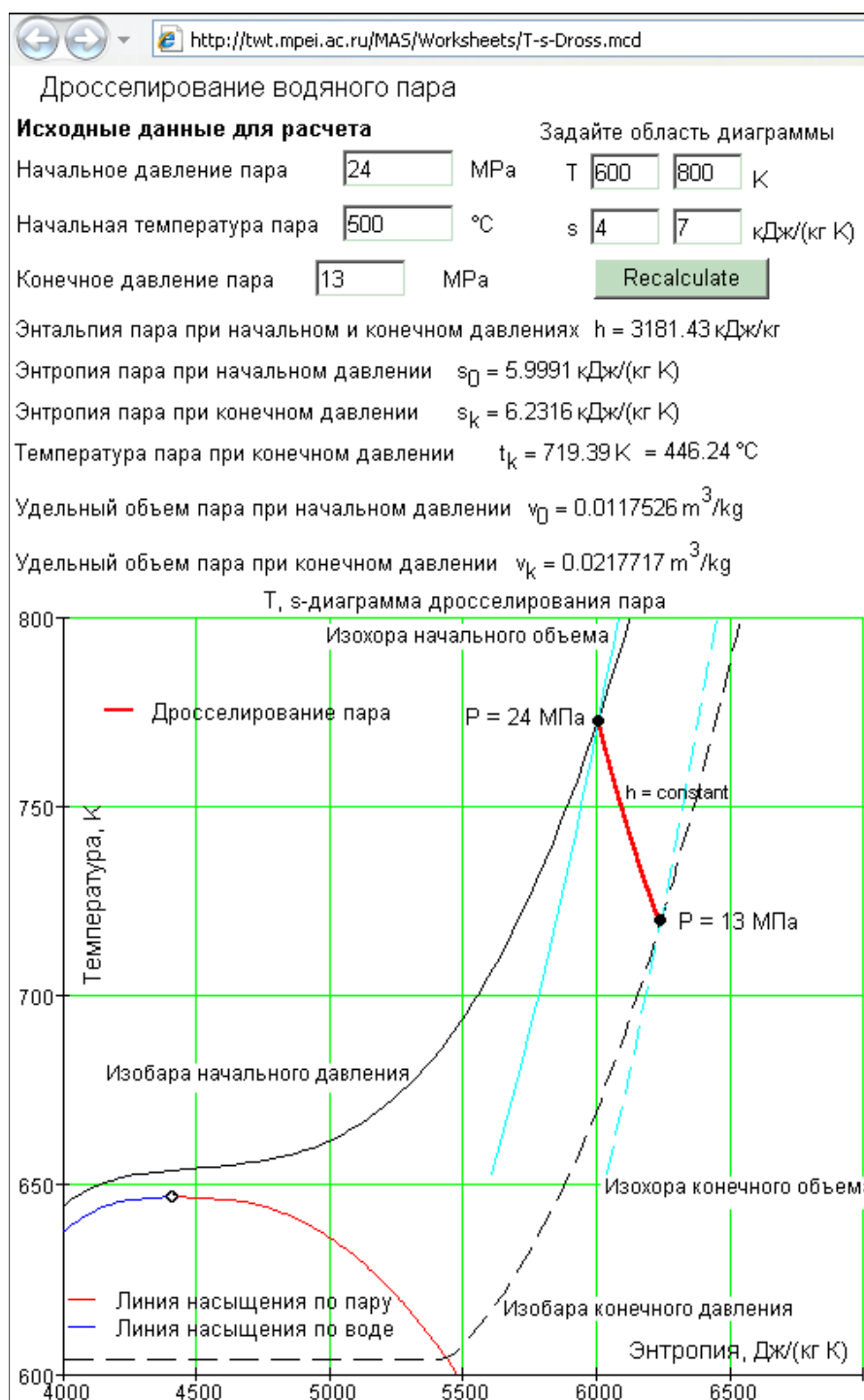


Рис. 14. Сайт по расчету и графическому отображению процесса дросселирования водяного пара

После такой операции в списке «Избранное» браузера пользователя автоматически появится позиция «Свойства воды и водяного пара» (см. рис. 17), с соответствующим деревом ссылок на сайты, описываемые в этой статье, и многое другое. В частности, как видно из рис. 17, имеются также ссылки на сетевые расчеты термодинамических свойств не только газов и жидкостей, но и твердых тел – материалов, применяемых в энергетике [6]. Справа на рис. 17 в качестве примера показан сетевой расчет теплопроводности металлов с выдачей графика и формулы соответствующей температурной зависимости.

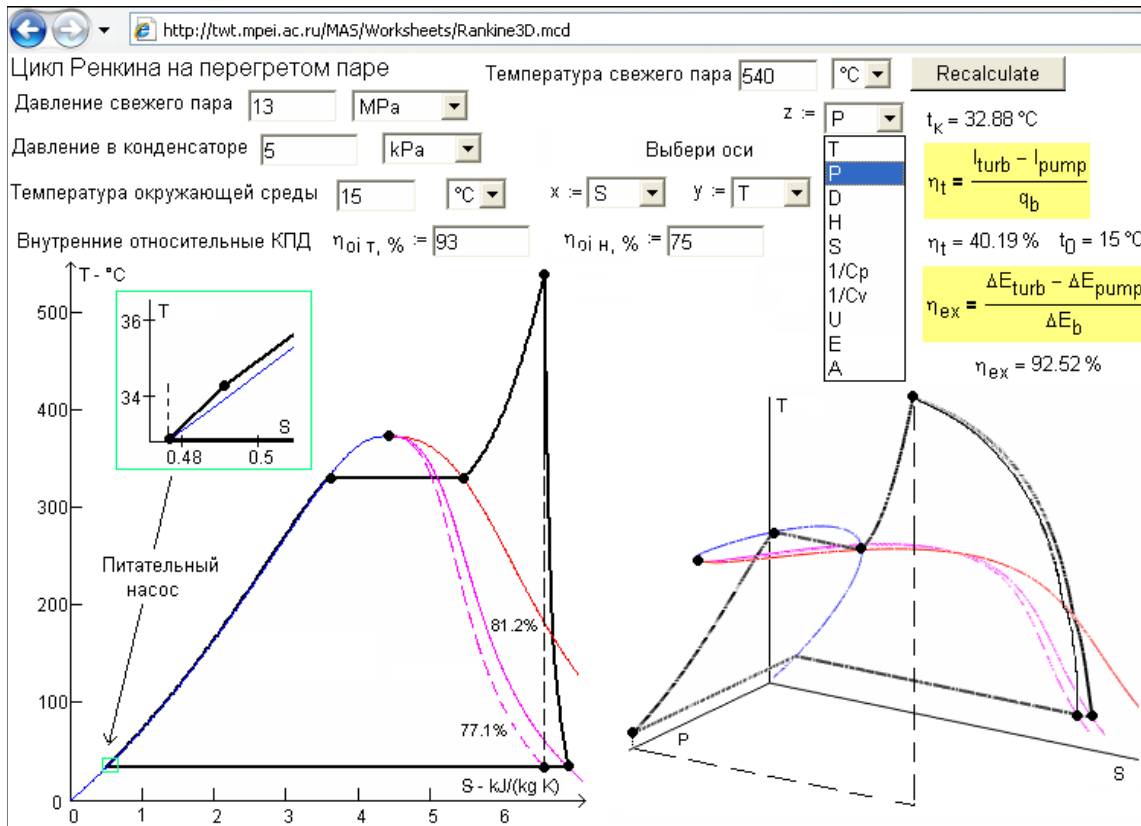


Рис. 15. Сайт по расчету и графическому отображению цикла Ренкина на перегретом паре

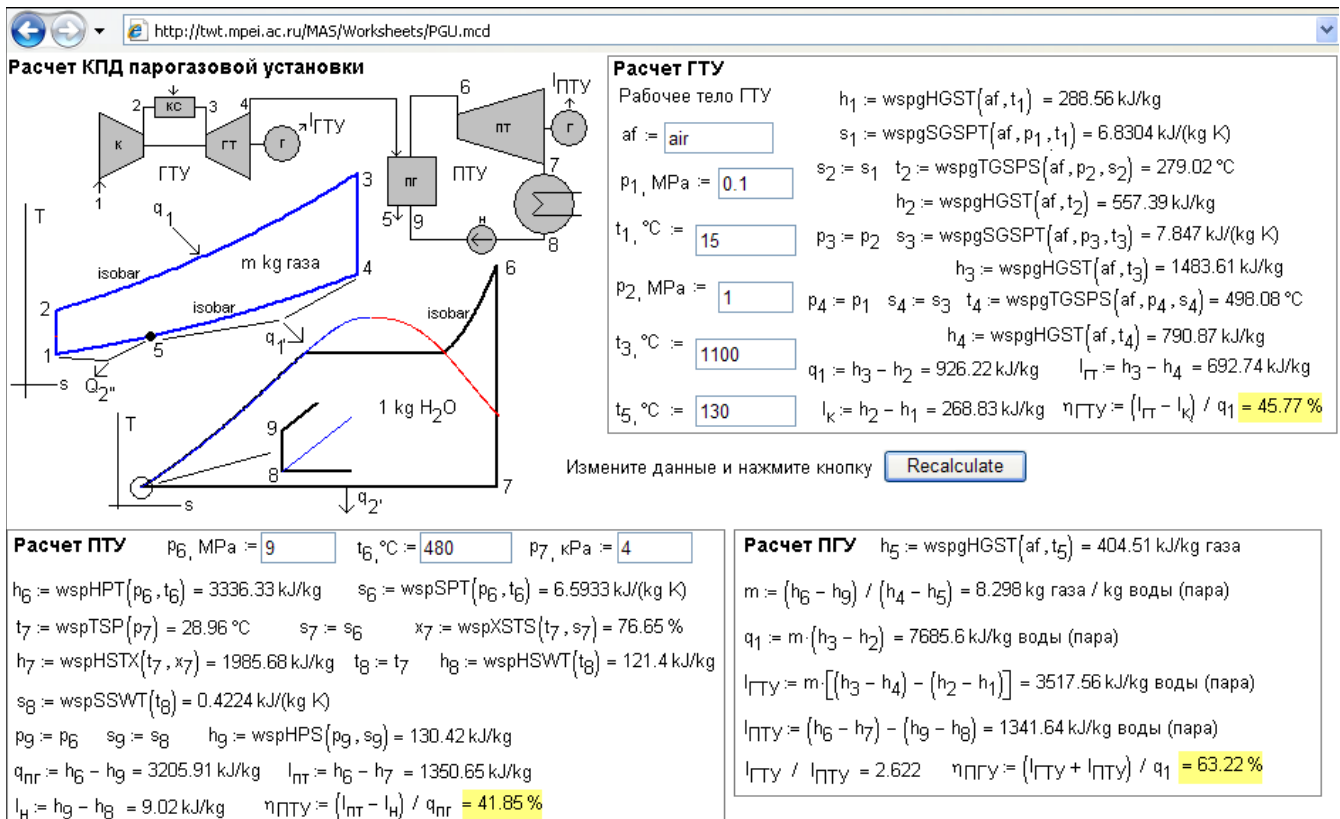


Рис. 16. Сайт по расчету бинарного цикла

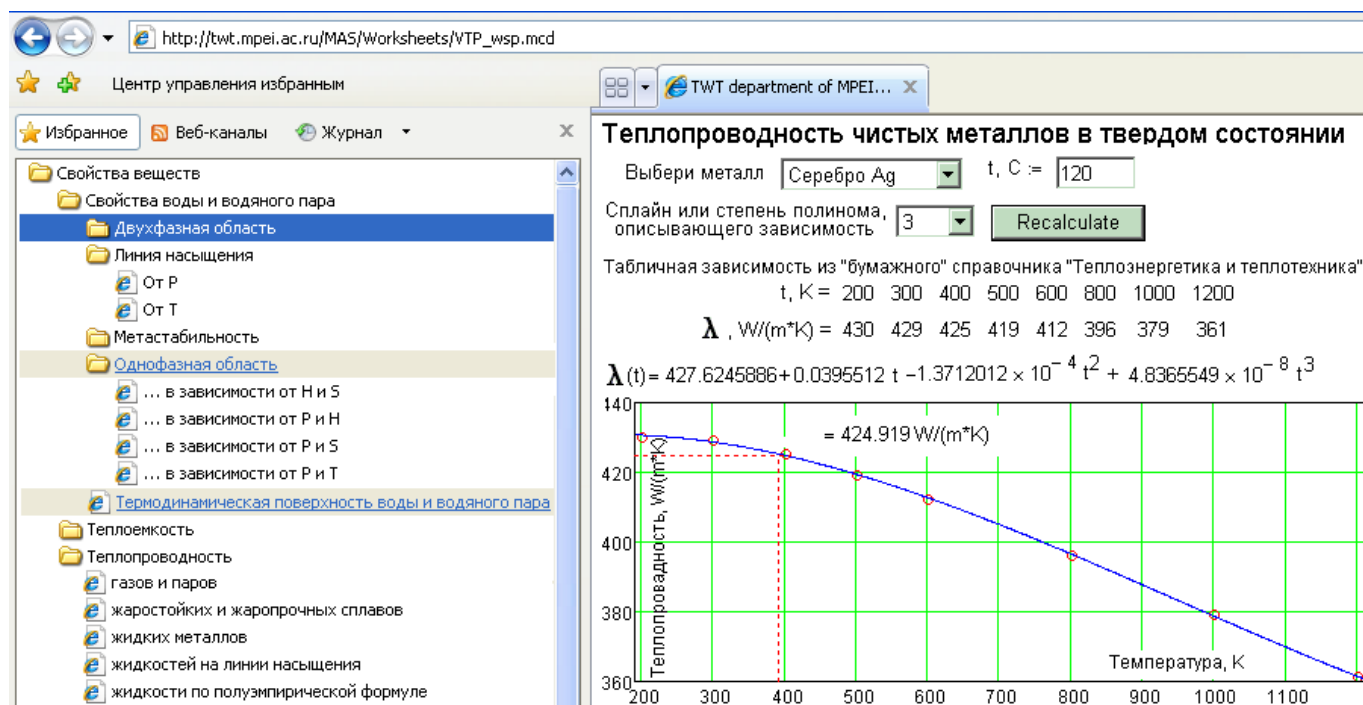


Рис. 17. Образец настройки браузера интернет на работу с сайтами по свойствам воды и водяного пара

Данная работа по созданию сетевого справочника «Теплоэнергетика и теплотехника» поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (www.rffi.ru) и является частью инновационной программы (<http://inedu.mpei.ru>), проводимой Московским энергетическим институтом (www.mpei.ru) [7–11] в рамках развития Электронной энциклопедии энергетики (www.trie.ru).

Литература

Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. М.: Изд. МЭИ, 1999.

Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров. СПб: БХВ-Петербург, 2007.

Очков В.Ф. Физические и экономические величины в Mathcad и Maple. М.: Финансы и статистика, 2002.

Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф. Математические пакеты – новые подходы при расчетах процессов термодинамики и других научных дисциплин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2005. № 11–12.

Очков В.Ф., Александров А.А., Орлов К.А. Термодинамические циклы: расчеты в Интернете // Вестник МЭИ. 2007. № 1.

Очков В.Ф. Математические пакеты и сетевой интерактивный теплотехнический справочник: проблемы и решения // Теплоэнергетика. 2006. № 6.

Очков В.Ф. Создание «Электронной энциклопедии энергетики» – информационный вклад в производственные и учебные процессы // Теплоэнергетика. 2007. № 7.

Александров А.А., Очков В.Ф., Орлов К.А., Очков А.В. Теплофизические свойства воды и водяного пара в Интернете // Промышленная энергетика. 2007. № 2.

Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф. Исследование схем парогазовых установок с впрыском водяного пара в газовый тракт на основе разработанных прикладных программ по свойствам рабочих тел ПГУ // Новое в российской электроэнергетике. 2004. № 4.

Очков В.Ф. Новые информационные технологии в энергетике: направления, решения, проблемы // Новое в российской электроэнергетике. 2005. № 11.

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