

Теплоэнергетика, № 7, 2009 г.

Облачные вычисления для химических цехов электростанций

[Очков В.Ф.](#) доктор техн. наук, Чудова Ю.В. инж, Минаева Е.А.

[Московский энергетический институт](#)

Определяется понятие «облачных вычислений», приведены примеры таких вычислений выполняемых Московским энергетическим институтом. Рассмотрены расчеты выбросов в атмосферу паровыми и водогрейными котлами.

На первом месте списка важнейших «IT-переворотов» – событий, которые серьезно изменят жизнь пользователей компьютеров в течение ближайшего времени, стоит развитие так называемых «облачных вычислений» – предоставление удаленных вычислительных мощностей, дискового пространства («облаков») и каналов связи заказчику. Под «облаками» понимаются вычислительные центры, которые на порядок мощнее собственных инфраструктур пользователей. Вместо физических серверов заказчикам выделяются виртуальные сервера, развернутые на распределенной сети компьютеров промышленной мощности. На использование «облачных вычислений» пользователей толкает, помимо прочего, высокая стоимость лицензий программ на отдельные рабочие станции, аренды помещений, электроэнергии и... борьба с компьютерным пиратством.

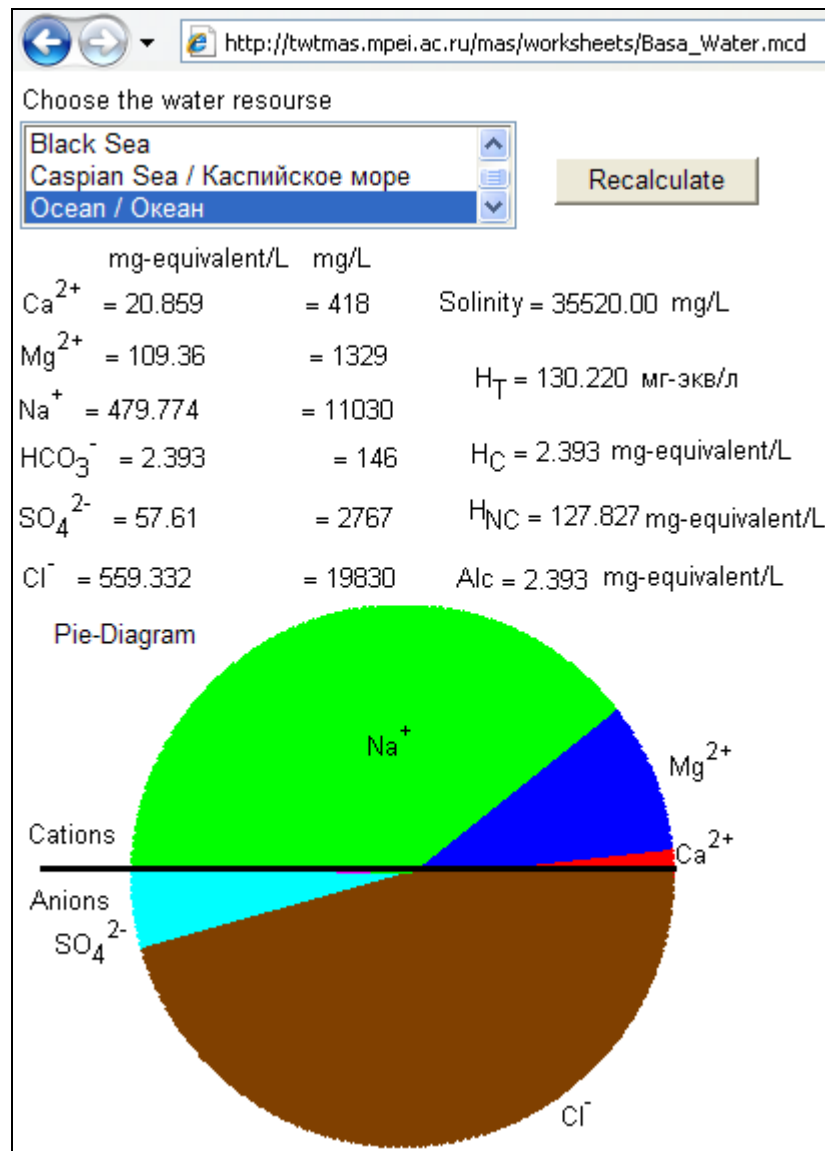


Рис. 1. База данных по источникам водоснабжения для электростанций

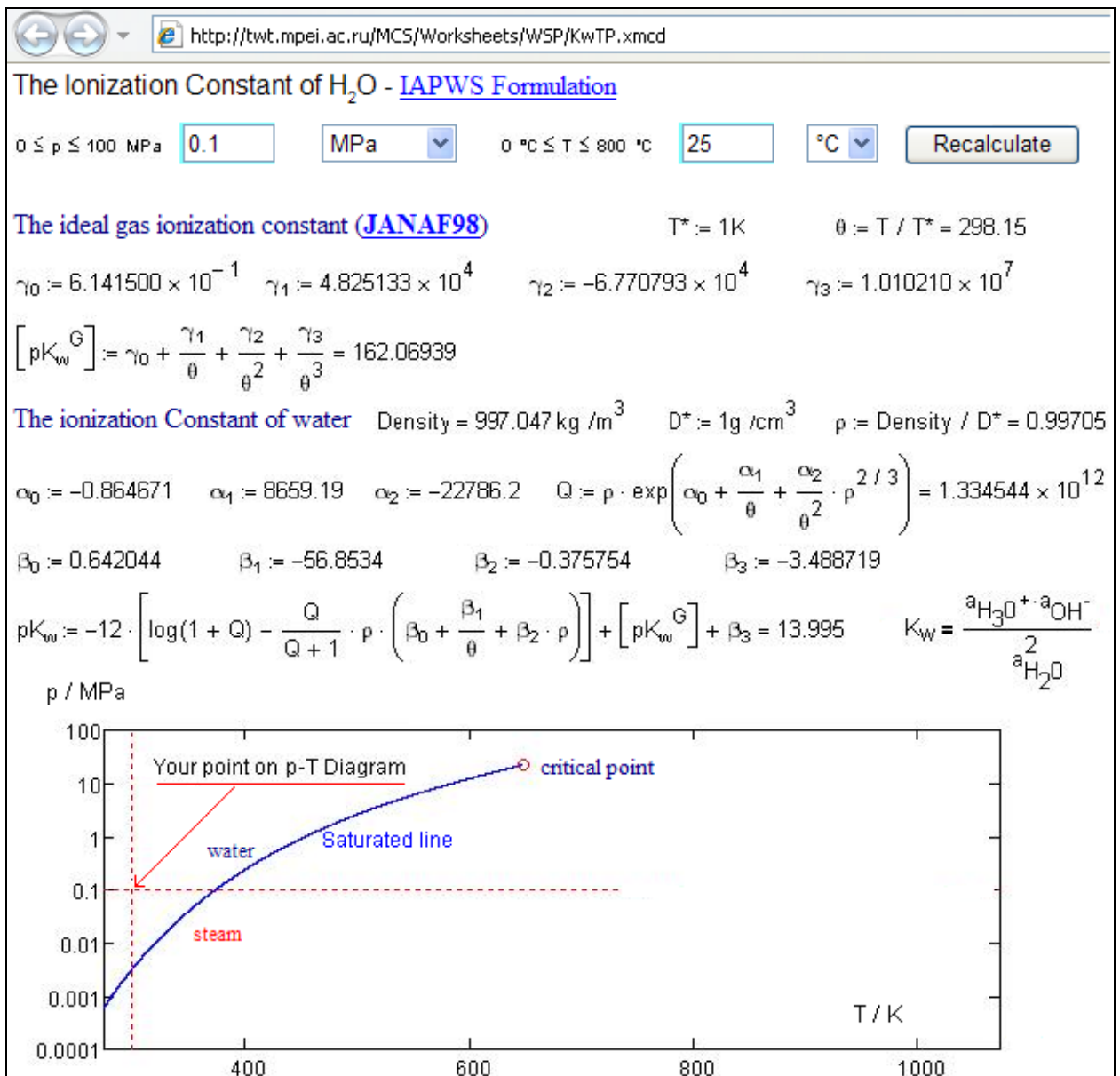


Рис. 2. Расчет ионного произведения воды в зависимости от температуры и давления

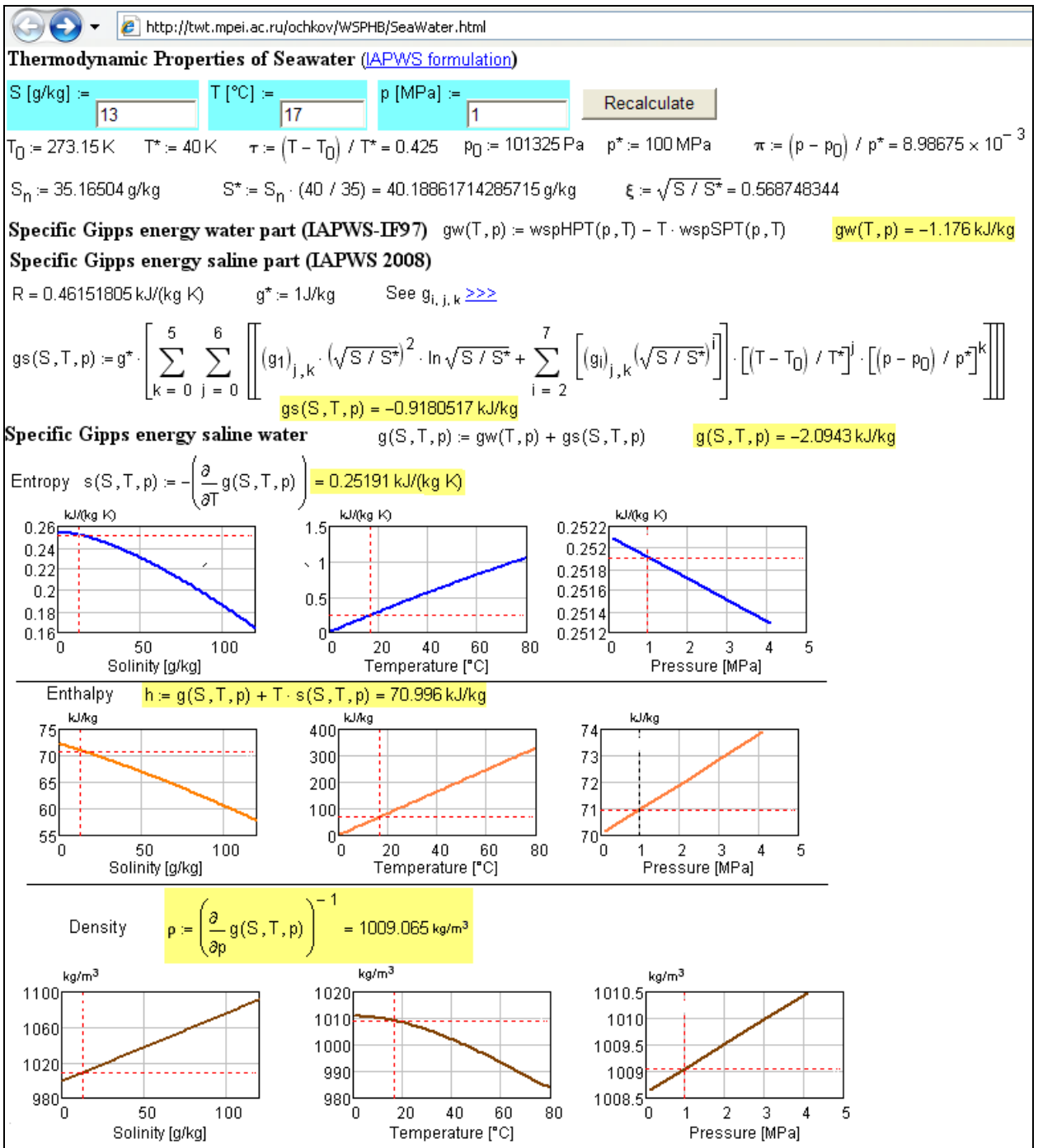


Рис. 3. Термодинамические свойства морской воды в зависимости от солёности, температуры и давления

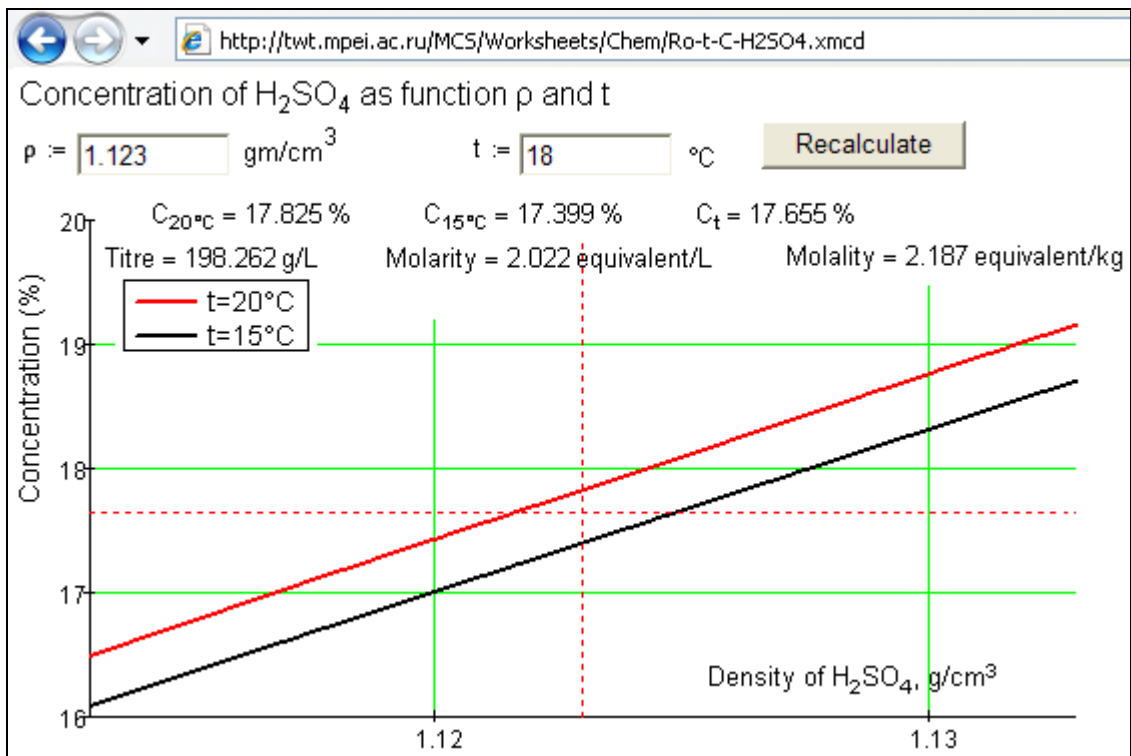


Рис. 4. Плотность, температура и концентрация серной кислоты

топлива, мазутной золы, содержащий ванадий, бенз(а)пирена, образующихся при работе водогрейных котлов марок КВ-14ГМ и КВ-ТС теплопроизводительностью от 4 до 20 Гкал/ч, а также паровых котлов марок ДБ-14ГМ и ДЕ-14С паропроизводительностью от 2,5 до 25 т/ч. Расчеты выбросов в атмосферу загрязняющих веществ позволяют оценивать как максимальные (г/с) так и валовые (т/год) выбросы, а также определять размеры платы за выбросы с учетом коэффициентов заполнения годовых и суточных графиков нагрузки.

Проблема охраны окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов является одной из актуальных на современном этапе развития общества, поэтому вопросы, связанные с выбросами в атмосферу различных вредных веществ, способных нарушать ее химический состав при сжигании органических топлив в производственных и отопительных котельных, имеют важное значение.

При сжигании твердого топлива наряду с оксидами основных горючих элементов – углерода и водорода (CO_2 и H_2O) в атмосферу поступают летучая зола с частицами недогоревшего топлива, сернистый (SO_2) и серный (SO_3) ангидриды, оксиды азота (N_2O , NO , NO_2 , обозначенные совокупно NO_x), некоторое количество фтористых соединений, а также газообразные продукты неполного сгорания топлива (CO , H_2S и др.).

http://twt.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/Water/Coal-Air-Pollution-steam-boiler.xmcd

Выбросы паровыми котлами при слоевом сжигании топлива

Тип парового котла КЕ-2,5-14С КЕ-4-14С КЕ-10-14С КЕ-25-14С

Количество котлов

Число часов работы в году с номинальной нагрузкой, час/год

уголь Ирша-Бородинский бурый уголь Минусинский каменный уголь

Тепловая мощность котла $Q_T = 7.35 \text{ МВт}$

Низшая теплота сгорания топлива $Q_g = 21.06 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$

Фактический расход угля $V := \frac{Q_T}{Q_g} = 0.349 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

Значение механического недожога принимаем $q_4 := 5.5\%$

Расчетный расход топлива $V_p := V(1 - q_4) = 0.33 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

Рис. 6. Ввод исходных данных для вычисления выбросов паровых котлов при сжигании угля

При сжигании сернистых мазутов с дымовыми газами в атмосферу поступают сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, газообразные и твердые продукты неполного сгорания, соединения ванадия (оксиды различной валентности, в том числе V_2O_5). Большинство из этих компонентов относятся к числу токсичных и даже в сравнительно невысоких концентрациях оказывают вредное воздействие на природу и человека. При неполном сгорании топлива возможно образование канцерогенных веществ, из которых наибольшее значение имеют полициклические ароматические углеводороды и самый активный из них – бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$).

http://tw.t.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/Water/Oil-Air-pollution-water-boiler.xmcd

Выброс бенз(а)пирена

Коэффициент, учитывающий способ распыления мазута для паромеханических форсунок $R_M := 0.75$

Коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на выходе из топки $\alpha'' := 1.2$

Теплонапряжение топочного объема $q_V := 260$ кВт

Так как конструкция рассматриваемых типов котлов не предусматривает рециркуляции, безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов на образование бенз(а)пирена $K_p := 1$

Коэффициент, зависящий от относительной нагрузки котла K_D

В котлах рассматриваемых типов воздух помимо горелок не подается; безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха $K_{ст} := 1$

Период между очистками 12 ч 24 ч 48 ч

Коэффициент, учитывающий влияние дробевой очистки конвективных поверхностей нагрева на работающем котле $K_o = 2.5$

Выброс бенз(а)пирена в продуктах сгорания мазутного водогрейного котла

$$C_{БП} := 10^{-6} \cdot \frac{R_M \left(0.445 \cdot \frac{q_V}{\text{кВт}} - 28 \right)}{e^{3.5 \cdot (\alpha'' - 1)}} \cdot K_p \cdot K_D \cdot K_{ст} \cdot K_o \cdot \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} = 1.225 \times 10^{-4} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Рис. 7. Расчет выбросов бенз(а)пирена в водогрейных котлах при сжигании мазута

В качестве загрязнителей в окружающую среду поступают также различные оксиды азота. Будучи токсичными для человека, они обладают резко выраженным раздражающим действием, особенно на слизистую оболочку глаз, снижают дыхательные функции, повышая количество респираторных заболеваний.

http://twt.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/Water/Gas-Air-Pollution-steam-boiler.xmcd

газовое топливо

Саратов-Москва
 Серпухов-Санкт-Петербург

Калорийность газового топлива $Q_g = 28.64 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$

Фактическая тепловая мощность $Q_T := V_p Q_g = 7.383 \text{ МВт}$

Удельный выброс NO_2 при сжигании газового топлива

$$K_{\text{NO}_2} := \left(0.01 \sqrt{\frac{D}{\text{т/ч}}} + 0.03 \right) \frac{\text{г}}{\text{МДж}} = 0.062 \frac{\text{г}}{\text{МДж}}$$

Безразмерный коэффициент для горелок ротационного типа $\beta_k := 1$

Температура воздуха, подаваемого для горения $t_{гв}, \text{ }^\circ\text{C}$

Безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения $\beta_T := 1 + 0.002(t_{гв} - 30) = 1$

Безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота, β_a

Безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота, в отсутствие рециркуляции $\beta_p := 0$

Безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру, в отсутствие воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела $\beta_b := 0$

Суммарное количество оксидов азота NO_x , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами $M_{\text{NO}_x} := V_p \cdot Q_g \cdot K_{\text{NO}_2} \cdot \beta_k \cdot \beta_T \cdot \beta_a \cdot (1 - \beta_p) \cdot (1 - \beta_b) = 0.562 \frac{\text{г}}{\text{с}}$

Пересчет найденного значения выброса NO_x в диоксид и оксид азота:

$$M_{\text{NO}_2} := 0.8 M_{\text{NO}_x} = 0.45 \frac{\text{г}}{\text{с}} \quad M_{\text{NO}} := 0.13 M_{\text{NO}_x} = 0.073 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Суммарное количество оксидов азота NO_x , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами за год $M_{\text{NO}_x_{\text{год}}} = 15.778 \text{ т}$

Рис. 8. Расчет выбросов оксидов азота в паровых котлах при сжигании газа

Расчеты выбросов, представленные на сервере, могут быть служить не только для образовательных целей, но также быть полезными для инженеров и научных работников в данной отрасли промышленности, а технология «облачных» расчетов дает возможность свободного доступа к ним для всех заинтересованных специалистов.

Выводы

1. «Облачные вычисления» это прогрессивная технология, которая, при наличие сертифицированных программ, помогает избегать ошибок в технических и научных расчетах, а также экономить на закупке программного обеспечения и многом другом.

2. Созданные на кафедре ТВТ Московского энергетического института расчеты выбросов водогрейных котлов марок КВ-14ГМ и КВ-ТС и паровых котлов марок ДБ-14ГМ и ДЕ-14С при работе на угле, мазуте и газе доступны для использования на http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html

Список литературы

1. [A.Solodov, V. Ochkov. Differential Models. An Introduction with Mathcad](#), Springer-Verlag, 2004
2. A.Alexandrov, V.Ochkov, K.Orlov. [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.