

---

---

ПАРОВЫЕ КОТЛЫ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО,  
ГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА  
И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОТЛОВ

---

---

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО РАСЧЕТА КОТЛА  
И ЕГО ПЫЛЕСИСТЕМ

© 2022 г. В. М. Супранов<sup>а</sup> \*, Г. И. Доверман<sup>б</sup> \*\*, И. Г. Петров<sup>б</sup>, К. А. Плешанов<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”,  
Красноказарменная ул., д. 14, Москва, 111250 Россия

<sup>б</sup> ООО “ОПТСИМ-К”, ул. Академика Янгеля, д. 8, оф. 72, Москва, 117534 Россия

\*e-mail: svm-mpei@mail.ru

\*\*e-mail: doverman@optsim-k.com

Поступила в редакцию 03.06.2021 г.

После доработки 24.06.2021 г.

Принята к публикации 26.06.2021 г.

Современные пылеугольные котлы и обслуживающие их индивидуальные системы пылеприготовления отличаются высокой сложностью, большой металлоемкостью и широким спектром протекающих в них физико-химических процессов. Компоненты сушильного агента или транспортирующей среды формируются из теплоносителей, используемых в котле. Отбор части теплоносителей из трактов котла в системы пылеприготовления влияет на протекание процессов теплообмена и, в конечном счете, на КПД котла и расход топлива. В результате пылесистемы оказывают существенное влияние на тепловую работу котла, а сам котел – на работу пылесистем. Если проводить тепловой расчет котла без учета этого обстоятельства, ошибка по температуре уходящих газов может достигать 25–30°C, а по КПД – 1.5–2.0%. Поэтому при проектировании новых или при исследовании работы уже существующих котельных установок актуальной задачей является проведение совместного теплового расчета пылеугольного котла и его пылесистем, что практически невозможно без использования компьютерных программ. До настоящего времени в России для этого применяли две программы: одну для тепловых расчетов котла, другую – для расчета пылесистем, а коммуникацию между ними осуществлял пользователь. Но такая технология проведения совместного расчета имеет много недостатков, они указаны в статье. Анализ этих недостатков показывает, что большинство из них можно устранить, если совместный расчет котла и пылесистем выполнять в одной программе. Программный комплекс Boiler Designer, широко используемый как в России, так и за рубежом, построен по объектно-ориентированному принципу, позволяющему проводить его расширение благодаря созданию новых элементов. Был разработан элемент “Пылесистема” и выпущена новая версия программы, позволяющая выполнять этот совместный расчет. Масштабное тестирование программы прошло успешно и показало, что проводить расчет стало проще, удобнее и быстрее, чем по старой технологии с использованием двух программ. При этом трудоемкость снижается не менее чем в 2 раза.

*Ключевые слова:* пылеугольный котел, системы пылеприготовления, уголь, тепловой расчет, совместный расчет, программы расчета, Boiler Designer

**DOI:** 10.1134/S0040363622020060

Котельные установки с пылеугольными котлами и индивидуальными системами пылеприготовления отличаются высокой сложностью, большими габаритами и металлоемкостью. По данным [1] общая масса металла котла П-67 энергоблока 800 МВт составляет 19320 т, из них элементов конструкции, изготовленных из легированных сталей, – 8480 т. Оборудование систем пылеприготовления тоже весьма сложное и металлоемкое. Так, например, по данным [2] масса шаровой барабанной мельницы ШБМ-400/1000 (Ш-70) равна 247 т, а вместе с загружаемыми шарами на 138 т больше. Поэтому ошибки при расчетах и проек-

тировании обходятся очень дорого как из-за стоимости металла, так и из-за частичной неработоспособности котельной установки.

В то же время работа пылеугольных котлов и обслуживающих их систем пылеприготовления обусловлена широким спектром протекающих в них физико-химических процессов. Основные из них – размол и сушка топлива, пневмотранспортировка пыли в топку, воспламенение и горение топлива, радиационный и конвективный теплообмен, а также движение теплоносителей по трактам котла, в том числе с изменением фазового состояния. Разнообразие и сложность протека-

ния этих процессов и сложность конструкции самих установок требуют использования для их расчетов современных средств компьютерной техники и программного обеспечения. Основным из этих расчетов можно считать тепловой расчет котла, так как его результаты используются в качестве исходных данных для всех остальных расчетов. А с тепловым расчетом котла в большинстве случаев неразрывно связан тепловой расчет систем пылеприготовления.

В СССР, а позднее и в России для теплового расчета котлов широко использовали программу Trakt. Для своего времени это был качественный программный продукт. Но сейчас можно констатировать, что он имеет как минимум следующие недостатки: ограниченное число элементов в расчетной схеме трактов котла, невозможность корректного расчета котлов-утилизаторов и устаревший интерфейс. Для проведения теплового и аэродинамического расчетов пылесистем совместно с программой Trakt применяли программу Trap, которая также имеет неудобный интерфейс. Кроме того, в случаях сложной организации сушки топлива ее не всегда удобно было использовать.

В настоящее время вместо программы Trakt часто применяют программу Boiler Designer [3], которая разработана специалистами ОПТСИМ-К и КЕД и поддерживается в России фирмой ОПТСИМ-К. Она может быть использована для теплового, гидравлического и аэродинамического расчетов котлов на органическом топливе и котлов-утилизаторов. В программе предусмотрены расчет естественной и принудительной циркуляций в барабанных котлах и проверка надежности циркуляции. Возможно выполнение расчета тепловой схемы любого энергоблока, а также электростанций с поперечными связями, в том числе расчеты внедренных в эти схемы котлов. Помимо статических расчетов, можно моделировать переходные процессы при переменных режимах работы объекта исследования. Количество элементов в расчетной схеме не ограничено, что является безусловным достоинством.

Программа Boiler Designer построена по объектно-ориентированному принципу. Расчетные схемы объектов моделирования создаются из стандартных элементов. Отдельные элементы являются иерархическими, т.е. включают группы, в которые могут быть помещены другие элементы. Количество иерархических уровней не ограничено, что позволяет адекватно смоделировать тепловые схемы и конструктивные особенности сложных современных котлов. Использование объектно-ориентированного принципа дает возможность проводить укрупнение — из моделей энергоблоков составлять модель электростанции, а в принципе, и модель энергосистемы, если позволяют вычислительные мощности.

Появились и новые программы для расчета систем пылеприготовления. Одна из них представлена в [4].

#### АКТУАЛЬНОСТЬ СОВМЕСТНОГО РАСЧЕТА КОТЛА И ПЫЛЕСИСТЕМ

При выполнении теплового расчета любой системы пылеприготовления необходимо учитывать целый ряд ограничений. Температура за пылесистемой  $t_2$  ограничена по верхнему пределу по условиям взрывобезопасности и надежности работы оборудования, по нижнему пределу — по условиям отсутствия конденсации. При использовании газовой или газозооной сушки топлива нужно следить, чтобы объемная концентрация кислорода в сушильном агенте (СА) удовлетворяла требованиям [5]. Если пыль транспортируется в горелки СА, необходимо, чтобы доля первичного воздуха соответствовала рекомендациям [2] или других регламентирующих документов.

Мельница должна обеспечивать определенную по условиям работы котла размольную производительность  $B_m$ , при этом остаток пыли  $R_{90}$  на сите с ячейкой 90 мкм должен удовлетворять рекомендациям [2]. Помимо конструктивных характеристик мельницы размольная производительность обеспечивается вентиляционным расходом за пылесистемой  $V_2$ , который нужно поддерживать на требуемом уровне. Но влажность пыли  $W^{пл}$  тоже должна удовлетворять рекомендациям [2]. А она при  $t_2 = \text{const}$  зависит и от  $V_2$ , и от начальной температуры сушильного агента  $t_1$ .

Обычно применяется как минимум двухкомпонентный сушильный агент. Если температура горячего компонента СА достаточно высока, можно, изменяя доли компонентов, обеспечить такие условия сушки топлива, при которых значение  $W^{пл}$  за пылесистемой соответствует рекомендациям [2], а вентиляционный расход  $V_2$  поддерживается постоянным по условиям размола. При этом сушильная производительность системы пылеприготовления  $B_{суш}$  будет равна размольной производительности  $B_m$ . Поэтому тепловой расчет пылесистемы в большинстве случаев проводится именно для того, чтобы в рамках перечисленных выше ограничений определить расходы (или массовые доли) компонентов СА, при которых  $B_{суш} = B_m$ .

Однако компоненты сушильного агента или транспортирующей среды формируются из теплоносителей, используемых в котле. Отбор части теплоносителей из трактов котла в системы пылеприготовления влияет на процессы теплообмена и, в конечном счете, на КПД котла и расход топлива. Поэтому расходы компонентов сушильного агента, полученные в результате теплового расчета пылесистем, должны быть учтены при прове-

дении тепловых расчетов котла. Таким образом, системы пылеприготовления являются важнейшими элементами котельной установки и оказывают огромное влияние на работу пылеугольного котла. Единственным исключением являются пылесистемы с сушкой горячим воздухом и рециркуляцией СА, потому что холодный компонент (рециркулирующий СА) не отбирается из котла.

На работу самих систем пылеприготовления также влияет режим работы котла. Условия сушки топлива зависят от температуры компонентов сушильного агента. Важна и топливная загрузка пылесистем, которая определяется расходом топлива в котел *B*. Поэтому значения *B* и температуры компонентов СА, полученные при расчетах котла, являются исходными данными для теплового расчета пылесистем.

Влияние систем пылеприготовления на работу котла можно продемонстрировать на примере расчета корпуса котла ПК-39 при сжигании экибастузского угля марки 2СС на номинальной нагрузке. Каждый корпус котла укомплектован четырьмя пылесистемами с прямым вдуванием и воздушной сушкой с мельницами ММТ-2000/2600/596. Основной компонент СА – горячий воздух, отобранный после регенеративных воздухоподогревателей (РВП), второй компонент – холодный воздух.

При выполнении совместного расчета корпуса котла и пылесистем по программам Boiler Designer и рассмотренной в [4] температура уходящих газов равна 156.5°C, КПД котла составляет 90.294%. Если не учитывать влияние пылесистем и выполнить только тепловой расчет корпуса котла по программе Boiler Designer, получится соответственно 128.7°C и 91.946%. Рассмотрим, чем обусловлено такое существенное различие (рис. 1). Для простоты на рис. 1 не показано распределение пылевоздушной смеси и вторичного воздуха по отдельным горелкам.

Если в пылесистемы не подается холодный воздух, то его доля в СА составляет  $r_{х.в} = 0$  и весь организованно подаваемый в топку воздух проходит через РВП. Так было бы, если бы не учитывалась работа систем пылеприготовления. Но если выполнить тепловой расчет пылесистем, то из условия равенства сушильной и размольной производительностей получается, что  $r_{х.в} > 0$ . Тогда, согласно проводимому тепловому расчету корпуса котла, через РВП будет протекать меньше воздуха, его скорость снизится, а коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_2$  и теплопередачи  $k$  станут меньше. В результате дымовые газы будут хуже охлаждаться в РВП, поэтому температура уходящих газов  $\vartheta_{ух}$  возрастет, а КПД корпуса котла снизится.

Если используется двухкомпонентная газовая сушка топлива, то в зависимости от массовых долей горячих  $r_{г.г}$  и холодных  $r_{х.г}$  газов в СА будут изменяться их коэффициенты рециркуляции в кот-

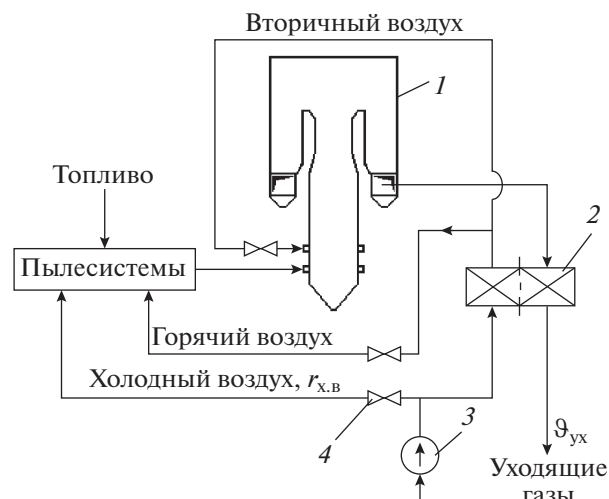


Рис. 1. Схема отбора воздуха в пылесистемы корпуса котла ПК-39.  
1 – корпус котла; 2 – регенеративный воздухоподогреватель; 3 – дутьевой вентилятор; 4 – клапан

ле. Поэтому условия протекания радиационного и конвективного теплообменов на участках газового тракта, охваченных рециркуляцией, будут зависеть от работы систем пылеприготовления. При использовании газовой сушки топлива сушильный агент обычно формируется из продуктов сгорания, отбираемых из газового тракта, и горячего воздуха, и в этом случае от условий сушки топлива зависят доля газов в СА и коэффициент их рециркуляции в газовом тракте. Поэтому совместный расчет котла и пылесистем необходим практически во всех случаях. Исключение составляют только системы пылеприготовления с сушкой горячим воздухом при наличии рециркуляции сушильного агента.

### СУЩЕСТВУЮЩАЯ СХЕМА РЕАЛИЗАЦИИ СОВМЕСТНОГО РАСЧЕТА И ЕЕ НЕДОСТАТКИ

Обычно для проведения совместных тепловых расчетов котла и систем пылеприготовления использовали две разные программы. Взаимодействие их приходилось организовывать пользователю примерно так, как это показано на рис. 2.

Расчет выполняли итерационным способом. Сходимость расчета контролировали по расходу топлива *B*, температурам  $t_i$  и расходам  $V_i$  компонентов сушильного агента на предыдущей и текущей итерациях. Как показывает опыт, расчет можно прекращать, когда при переходе на следующую итерацию изменение *B* составляет не более 0.05%, температур  $t_i$  – не более 1°C, расходов  $V_i$  – не более 0.05%. Обычно для того, чтобы добиться сходимости расчета, требуются три-четыре итерации.

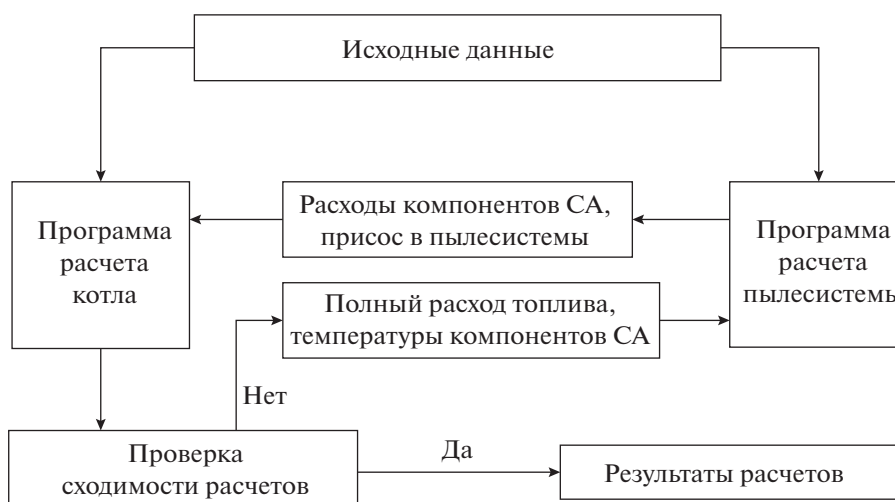


Рис. 2. Схема совместного использования программ расчета котла и пылесистем

Многовариантные совместные расчеты котлов и пылесистем, выполненные по такой схеме, описаны в работах [6–8]. В [6] использовали программы Boiler Designer и Trap, а в [7] – Boiler Designer и программу, представленную в [4]. В [8] приведены результаты расчетных исследований работы пылеугольного котла энергоблока 600 МВт с организацией сжигания по технологии Oxufuel Combustion. При этом в топку вместо воздуха подается другая среда, содержащая окислитель (ССО) и состоящая из газов рециркуляции и кислорода, концентрация которого обычно больше, чем в воздухе. Это позволяет практически исключить азот из состава газов, уменьшить их расход за котлом, повысить в них концентрацию углекислого газа и тем самым облегчить выделение, транспортировку и захоронение углекислого газа. Для расчетов котла использовали программу Boiler Designer, которая без проблем позволила смоделировать технологию Oxufuel Combustion. Но применить описанные выше программы расчета систем пылеприготовления не удалось из-за их существенного недостатка – они позволяют работать только с одной ССО – воздухом. Поэтому для теплового расчета пылесистем пришлось разработать модуль в среде Mathcad, который использовал методику [2], но был адаптирован к технологии Oxufuel Combustion. В остальном расчеты также проводили по схеме, представленной на рис. 2.

Определенные сложности при выполнении совместных расчетов котла и пылесистем возникают также в том случае, когда для снижения выбросов вредных веществ на стадии сжигания топлива применяется Reburning Technology [9]. Так, например, случилось при расчетах котла E-320-13.8-560КТ, который обслуживался тремя системами пылеприготовления с прямым вдуванием, укомплектованными мельницами МВС-195 с динамическими сепараторами. Две пылесисте-

мы обслуживали два основных яруса горелок. Их суммарная размольная производительность составляла 75% полного расхода топлива в котел, и они вырабатывали пыль с  $R_{90} = 10\%$  при организации воздушной сушки. Третья пылесистема, в которой размалывалось еще 25% топлива при газозвушной сушке, что обусловлено выбранной схемой низкоэмиссионного сжигания, обслуживала восстановительный ярус горелок. Тонкость помола  $R_{90}$  составляла 6%. Расчеты выполняли с использованием программ Boiler Designer и представленной в [4] по схеме, приведенной на рис. 2. Проблема заключалась в том, что совместно с котлом рассчитывали две группы систем пылеприготовления. При этом добиться сходимости теплового расчета котла и двух тепловых расчетов пылесистем оказалось гораздо сложнее.

Анализируя накопленный опыт проведения совместных расчетов котла и систем пылеприготовления с использованием двух программ, можно отметить следующие недостатки:

- трудоемкость выполнения итераций;
- возрастание вероятности ошибок из-за участия человека в обмене данными между программами;

- увеличение количества файлов исходных данных в 2 раза (а иногда и более) и необходимость проведения работ по их синхронизации;

- невозможность применения существующих программ теплового расчета пылесистем при использовании новых технологий сжигания (Oxufuel Combustion) или значительное усложнение расчетов (Reburning Technology).

## СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Первые три недостатка могут быть устранены, если тепловые расчеты котла и его систем пыле-



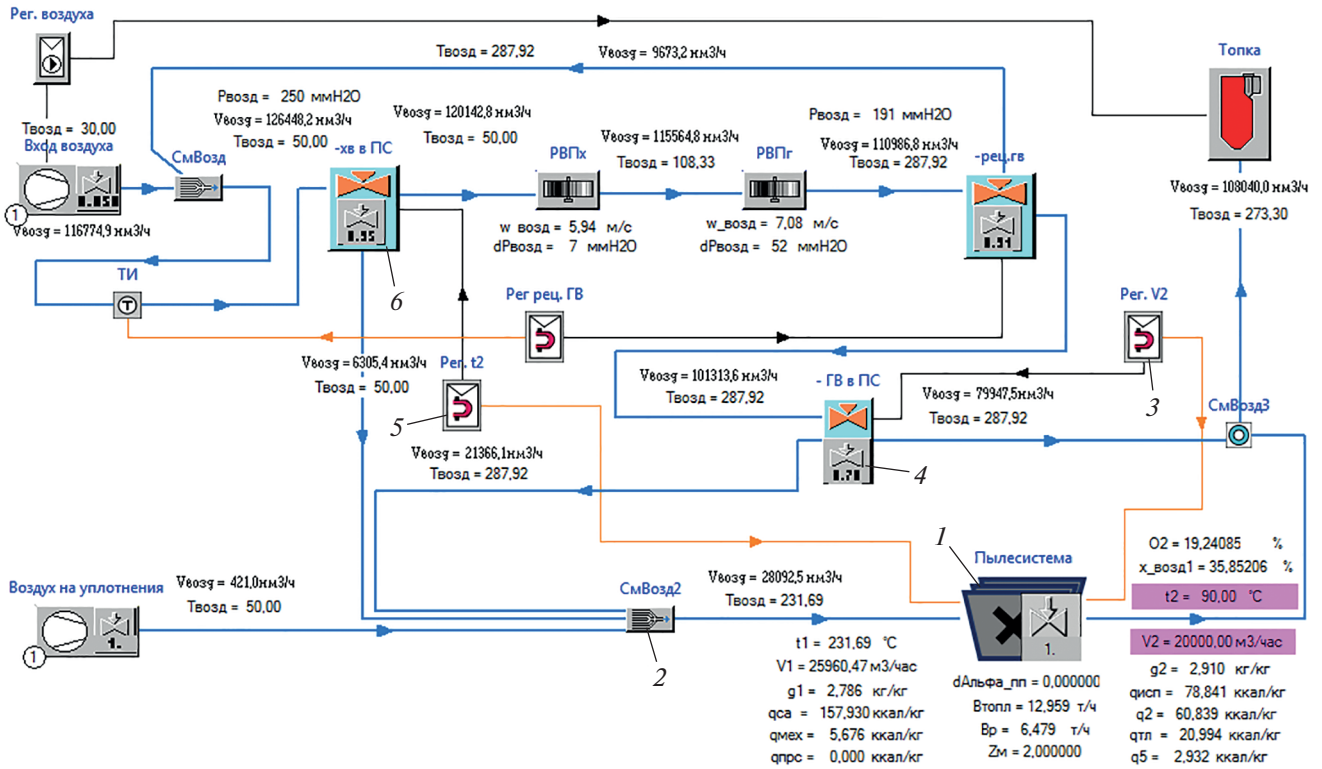


Рис. 3. Структура воздушного тракта котла с элементом “Пылесистема” (фрагмент программы с монитора компьютера). 1 – элемент “Пылесистема”; 2 – смеситель; 3, 5 – регуляторы вентиляционного расхода и температуры  $t_2$ ; 4 – клапан подачи горячего воздуха; 6 – клапан присадки холодного воздуха

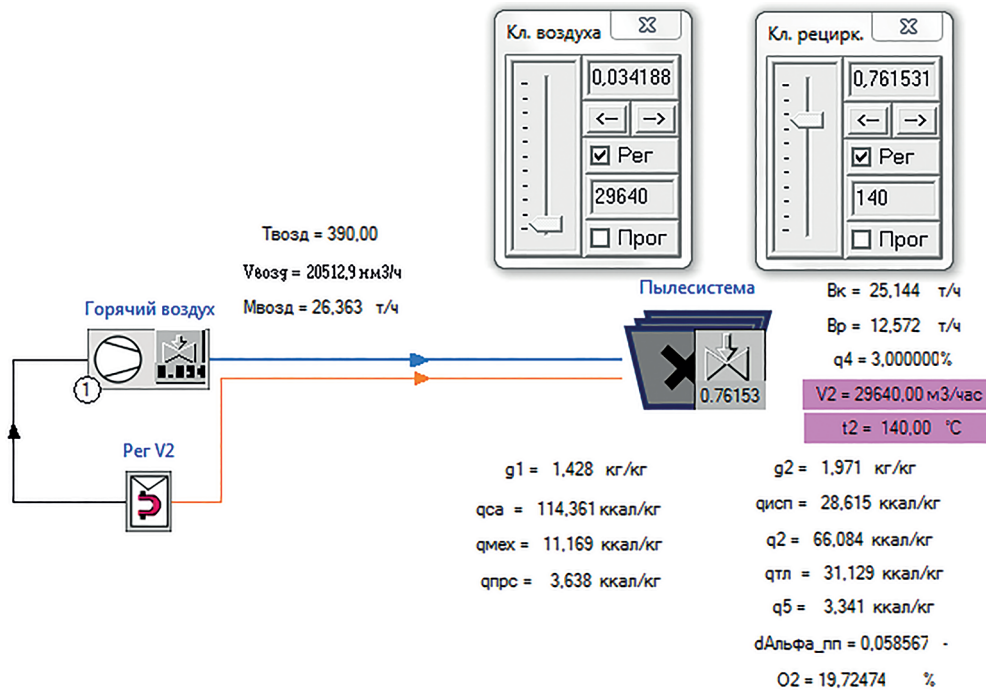


Рис. 4. Моделирование пылесистемы отдельно от котла (фрагмент программы с монитора компьютера)

Результаты расчета котла ТП-14А и его пылесистем по двум программам (2014 г.) и новой версии Boiler Designer (2021 г.)

Параметр	2014 г.	2021 г.
Паропроизводительность $D$ , т/ч	220	220
Температура перегретого пара $t_{пе}$ , °С	540	540
Расход на впрыск $D_{впр}$ , т/ч	0.049	0
Полный расход угля $B$ , т/ч	31.107	31.096
Расход природного газа при нормальных условиях $B_r$ , тыс. м <sup>3</sup> /ч	3.481	3.479
Доля газа по теплоте $b_r$	0.2	0.2
КПД котла $\eta$ , %	89.855	89.887
Температура, °С:		
газов за топкой $\vartheta''_T$	1100	1099
уходящих газов $\vartheta_{ух}$	165	164
воздуха перед трубчатым воздухоподогревателем $t'_{ТВП}$	52	52
за пылесистемами $t_2$	200	200
горячего воздуха $t_{г.в}$	434	432
Число работающих мельниц $Z_M$	4	4
Вентиляционный расход $V_2$ , тыс. м <sup>3</sup> /ч	50	50
Массовое количество сушильного агента, кг/кг:		
на входе в пылесистему $g_1$	3.524	3.442
на выходе из пылесистемы $g_2$	4.767	4.661
Тепло, кДж/кг (ккал/кг):		
сушильного агента $q_{с.а}$	1662.2 (396.70)	1664.8 (397.34)
выделившееся при работе мелющих агрегатов $q_{мех}$	25.9 (6.19)	25.9 (6.19)
внесенное с присосом $q_{прис}$	32.1 (7.67)	31.5 (7.52)
затраченное на испарение влаги $q_{исп}$	536.3 (128.0)	538.0 (128.4)
уносимое из пылесистемы с сушильным агентом и присосом $q_2$	915.9 (218.60)	916.9 (218.83)
затраченное на подогрев топлива $q_{топ}$	262.3 (62.60)	261.8 (62.49)
Тепловые потери пылесистемы $q_5$ , кДж/кг (ккал/кг)	5.6 (1.33)	5.6 (1.33)
Содержание кислорода на выходе пылесистемы, %	19.20	18.87
Доля первичного воздуха $r_1$	0.624	0.590
Присос в пылесистемах $\Delta\alpha_{пл}$	0.151	0.148

На рис. 4 показаны расчетная схема и результаты теплового расчета пылесистемы с промежуточным бункером, воздушной сушкой и рециркуляцией СА. Элемент “Рег. V2” обеспечивает  $V_2 = \text{const}$ , но для поддержания  $t_2 = \text{const}$  в этом случае использовать отдельный регулятор не нужно, потому что с элементом “Пылесистема” совмещен клапан рециркуляции сушильного агента (Кл. рецирк.). В окошке клапана можно задать нужное значение  $t_2$  (в данном случае 140°C), включить опцию “Регулирование”, и программа обеспечит коэффициент рециркуляции СА, при котором температура за системой пылеприготовления поддерживается на заданном уровне.

Новая версия программы Boiler Designer, позволяющая проводить совместный расчет котла и его пылесистем, была протестирована. При этом рассматривали прямоточные котлы и котлы с естественной циркуляцией, в которых сжигаются разные угли (в двух случаях совместно с природным газом). Они были укомплектованы системами пылеприготовления различного типа с разными способами организации сушки топлива. В каждом случае сравнивались результаты двух расчетов. Первый был выполнен по схеме использования двух программ (см. рис. 2), второй – по новой версии Boiler Designer.

Результаты одного из вариантов тестирования для режима работы котла ТП-14А при совместном сжигании угля и природного газа приведены в таблице. Из представленных данных видно, что в целом совпадение результатов хорошее, но по ряду параметров наблюдается небольшое расхождение. Это может быть связано с тем, что в программе, представленной в [4], и в Boiler Designer физические свойства продуктов сгорания определяются по разным методикам. А при совместном сжигании угля и природного газа это наиболее заметно.

Не исключено и влияние человеческого фактора, потому что расчет по двум программам при совместном сжигании угля и газа сводить сложнее. В новой версии Boiler Designer это происходит без участия пользователя и с большей точностью. Процесс тестирования подтвердил, что выполнять совместный расчет котла и пылесистем по новой версии программы проще, удобнее и быстрее, чем старым способом с использованием двух программ. При этом трудоемкость снижается не менее чем в 2 раза. В этом заключается практическая ценность выполненной работы.

## ВЫВОДЫ

1. В подавляющем большинстве случаев работа систем пылеприготовления оказывает существенное влияние на работу котла. Поэтому задача совместного расчета котла и пылесистем с помощью

современного программного обеспечения является актуальной.

2. Анализ существующей схемы реализации этого совместного расчета показал, что она обладает рядом недостатков. По сути, все они обусловлены тем обстоятельством, что для расчета котла и пылесистем используются две разные программы, а коммуникацию между ними осуществляет пользователь.

3. Тестирование новой версии Boiler Designer показало, что задача совместного расчета котла и его систем пылеприготовления может быть успешно решена с использованием одной программы. При этом удалось устранить недостатки, присущие старой схеме выполнения этого расчета.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тепловые** и атомные электрические станции: справочник. Т. 3 / под ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. М.: Энергоатомиздат, 2003.
2. **Расчет** и проектирование пылеприготовительных установок котельных агрегатов (нормативные материалы). Руководящие указания. Л.: НПО ЦКТИ, 1971.
3. **Расчет** котельных агрегатов с использованием современных программных продуктов / Г.И. Доверман, Б.Л. Шельгин, А.В. Мошкарин, Ю.В. Мельников. Иваново: Ивановский гос. энергет. ун-т, 2007.
4. **Майданик М.Н., Тугов А.Н., Супранов В.М.** Тепловой расчет систем пылеприготовления котельных установок: новый подход // Теплоэнергетика. 2021. № 6. С. 25–32. <https://doi.org/10.1134/S0040363621060059>
5. **РД 153-34.1-03.352-99.** Правила взрывобезопасности топливоподачи и установок для приготовления и сжигания пылевидного топлива. М.: ВТИ, 2000.
6. **Изюмов М.А., Супранов В.М., Росляков П.В.** Исследование возможности перевода котлов ТП-92 Яйвинской ГРЭС на непроектные виды углей // Теплоэнергетика. 2008. № 9. С. 7–18.
7. **Супранов В.М., Штегман А.В., Фоменко Е.А.** Оценка возможности перевода котлов ТП-14А Кумертауской ТЭЦ на сжигание угля марки БЗ Верхне-Сокурского месторождения // Теплоэнергетика. 2016. № 4. С. 50–59. <https://doi.org/10.1134/S0040363616040081>
8. **Исследование** возможности и целесообразности работы котла Пп-1900-25-570КТ в режиме кислородного сжигания топлива / В.М. Супранов, В.А. Баторшин, А.В. Штегман, Д.А. Мельников // Теплоэнергетика. 2012. № 8. С. 10–18.
9. **Росляков П.В.** Методы защиты окружающей среды. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
10. **Кириллов М.В., Сафронов П.Г.** Технические и организационные решения по улучшению технико-экономических показателей работы котла ТПЕ-216 с мельницами-вентиляторами МВ-3300/800/490 // Теплоэнергетика. 2014. № 7. С. 11–17. <https://doi.org/10.1134/S0040363614070054>



## New Possibilities for Joint Calculation of a Boiler and Its Dust Systems

V. M. Supranov<sup>a, \*</sup>, G. I. Doverman<sup>b, \*\*</sup>, I. G. Petrov<sup>b</sup>, and K. A. Pleshanov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> National Research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow, 111250 Russia

<sup>b</sup> ООО OPTSIM-K, Moscow, 117534 Russia

\*e-mail: svm-mpei@mail.ru

\*\*e-mail: doverman@optsim-k.com

**Abstract**—Modern pulverized coal boilers and individual pulverization systems serving them are distinguished by high complexity, high metal consumption, and a wide range of physical and chemical processes occurring in them. The components of the drying agent or transport medium are formed from the heating media used in the boiler. The withdrawal of a part of the heat carriers from the boiler ducts into the pulverization systems affects the course of heat exchange processes and, ultimately, the boiler efficiency and fuel consumption. As a result, dust systems have a significant impact on the thermal operation of the boiler, while the boiler itself impacts the operation of the dust systems. If the thermal calculation of the boiler is carried out without taking this circumstance into account, the error in the flue gas temperature can reach 25–30°C and 1.5–2.0% in terms of efficiency. Therefore, when designing new or when studying the operation of existing boiler plants, the urgent task is to carry out a joint thermal calculation of a pulverized coal boiler and its dust systems, which is practically impossible without the use of computer programs. Until now, two programs were used in Russia for this: one for the thermal calculations of the boiler and the other for calculating the dust systems, while the communication between them was carried out by the user. But such a technology for conducting a joint calculation has many disadvantages; they are indicated in the article. An analysis of these shortcomings shows that most of them can be eliminated if the joint calculation of the boiler and dust systems is performed in one program. Software package Boiler Designer, widely used both in Russia and abroad, is built on an object-oriented principle, which allows its expansion through the creation of new elements. The Vacuum System element was developed and a new version of the program was released, allowing this joint calculation to be carried out. Large-scale testing of the program was successful and showed that it became easier, more convenient, and faster to carry out the calculation than using the old technology using two programs. At the same time, labor intensity is reduced by at least two times.

*Keywords:* pulverized coal boiler, pulverizing systems, coal, heat calculation, joint calculation, calculation programs, Boiler Designer