

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ГАЗООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ БУДУЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аксенова О.Ю., Николаева Е.А., Овсянникова Е.А.

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово

В статье рассматривается возможность совместного применения средств математической обработки и компьютерного 3D моделирования технологической линии процессов, протекающих в газоочистных сооружениях электростанций. Авторы предлагают рассмотреть подход к проектированию участков очистки газовых выбросов будущих электростанций путем математической обработки и компьютерного 3D моделирования. Математическая обработка с использованием аппарата E-сети и создание 3D модели позволяет спланировать систему газоочистных сооружений, подобрать подходящую технологию и тем самым обеспечить экологический эффект планируемой системы очистки отходов электростанции. Авторами представлены результаты обработки технологических процессов системы очистки газовых выбросов в терминах E-сетей с использованием математической обработки в приложении Simulink, которое выводит на экран модель устройства из стандартных блоков, имеющихся в программе, и осуществляет необходимые расчеты. Посредством компьютерного 3D моделирования в графическом редакторе были созданы 3D модели отдельных единиц оборудования, выбранных на основе расчетов математической обработки в приложении Simulink. Проведена 3D визуализация участка очистки газовых выбросов, позволяющая наглядно отобразить планируемый участок очистки газовых выбросов на стадии проектирования будущей электростанции, что в случае необходимости позволит легко внести изменения в проект.

Ключевые слова: Сети Петри, E-сети, математическое моделирование, трёхмерное компьютерное моделирование, 3D моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время электроэнергетика является одной из важнейших отраслей промышленности России. От уровня ее развития зависят многие сектора народного хозяйства страны, а также развитие научно-технического прогресса. Без электроэнергетики не мыслима ни одна сфера деятельности человека. К крупным производителям электроэнергии относят гидроэлектростанции, атомные и тепловые электростанции. Особое внимание уделяют тепловым электростанциям (ТЭС), которые производят большую часть электроэнергии и в качестве топлива используют органические вещества – уголь, нефть, газ, мазут, сланцы, торф.

ТЭС более преимущественны по сравнению с другими. Так как широко распространены топливные ресурсы на территории России, ТЭС могут масштабнo располагаться и вырабатывать электроэнергию без сезонных колебаний. Однако, есть и обратная сторона их широкого распространения – крайне неблагоприятное влияние на экологию местности и окружающей среды в целом. Тепловые электростанции всего мира выбрасывают в атмосферу ежегодно огромное количество вредных для окружающей среды и человека веществ. Такие выбросы приводят к нарушению экологической и

промышленной безопасности окружающей среды. По этой причине при проектировании подлежащей строительству электростанции особое внимание необходимо уделять наличию эффективных газоочистных сооружений, а именно – наличию в их составе системы очистки газовых выбросов и системы полного цикла переработки золошлаковых отходов. Такие системы не только обеспечат высокий уровень экологической и промышленной безопасности, но и будут являться экономически эффективными для отдельных предприятий и страны в целом.

В статье рассматривается возможность совместного применения средств математической обработки и компьютерного 3D моделирования технологической линии процессов, протекающих в газоочистных сооружениях электростанций.

Похожий подход рассмотрен авторами Батрак Д.В., Калинин И.М., Кузнецов В.И., Сеньков А.П. [1], а именно, применение математического моделирования в приложении Simulink без использования моделирования в графических редакторах.

В ряде работ авторов, таких как Карандашов Ю.С. [2], встречается использование методов математического моделирования различных параметров станций посредством построения моделей

на основе численного преобразования эмпирического распределения.

Авторы Бат-Очир Б., Эрдэнэбат Э. [3] разработали методику, основу которой составляет математическая модель, представляющая собой задачу линейной оптимизации.

Наиболее близкий метод исследования использован в работе авторов М.А. Полоус, Д.И. Соловьев, В.И. Ярыгин [4]. Ими разработана модификация программного комплекса COMSOL_ЭГК, по сути являющаяся гибридной CAD/CAE-системой. В наших исследованиях были применены последовательно обе системы CAE и CAD, при этом обработка в CAD-системе основана на результатах, полученных в CAE-системе.

При проектировании технологических линий процессов будущего предприятия в основном используется 2D графическое моделирование, однако на современном уровне развития технических возможностей для реалистичного представления актуально применение 3D моделирования и визуализации технологических линий процессов.

На основании результатов обработки технологических процессов системы очистки газовых выбросов в терминах E-сетей с использованием математической обработки в приложении Simulink и технической документации в нескольких графических редакторах строятся твердотельные модели оборудования. Далее с учетом планируемой проектной площади и расстановки оборудования выполняется трёхмерное изображение технологической линии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На стадии проектирования топливно-энергетических комплексов и разработки соответствующей технической документации современный спектр компьютерных программ позволяет с разных сторон представить и проанализировать процессы их эксплуатации. Математическое моделирование представляет возможность проверки правильности составления модели ТЭС и её коррекции ещё на этапе проектирования. Трёхмерное компьютерное моделирование ТЭС позволяет получить достаточно реалистичное отображение протекающих в ней процессов на основе имеющейся технической документации, выявить существующие на этой стадии технические погрешности и внести коррективы на стадии планирования отдельных сопровождающих её эксплуатацию технологических процессов и ТЭС в целом. При проведении такого математического моделирования представляется целесообразным применение аппарата E-сетей. Являясь расширением сетей Петри, E-сети выполняют математическую обработку и предоставляют

стандартные блоки для моделирования объектов различных типов и назначений.

В работе рассмотрена упрощенная по сравнению с реальной модель ТЭС (рис.1) с возможностью её расширения по мере необходимости и появления дополнительных сведений о станциях.

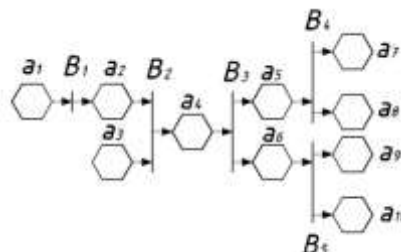


Рис. 1. Упрощенная модель ТЭС в терминах E-сетей

На рисунке 1 a_1 – новая порция угля поступившая в дробильную установку;

a_2 – сигнал о том, что уголь обработан;

a_3 – конденсат и восполненные потери воды, поступившие в хранилище;

a_4 – сигнал о том, что сырьё поступило в топочную камеру;

a_5 – количество полученных продуктов горения;

a_6 – количество пара, которое подаётся в турбину;

a_7 – количество золошлаковых отходов переправленных в систему переработки;

a_8 – количество газообразных отходов поступающих в систему очистки;

a_9 – количество электроэнергии, которое отводится к внешним потребителям;

a_{10} – пар от отборов турбины поступает на ТЭС;

$B_1 = (T, 0, \varphi_1)$ – процесс переработки угля;

$\varphi_1 = L(B_1) = \{a_1 B_1 \vee B_1 \rightarrow a_1 a_2\} = \{a_1 a_2\}$;

$B_2 = (I, 0, \varphi_2)$ – загрузка сырья в топочную камеру;

$\varphi_2 = L(B_2) = \{a_2 a B_2 \vee B_2 \rightarrow a_2 a_3 a_4\} = L(B_2) = \{a_2 a_3 a_4\}$;

$B_3 = (F, 0, \varphi_3)$ – переработка сырья;

$\varphi_3 = L(B_3) = \{a_4 B_3 \vee B_3 \rightarrow a_4 a_5 a_6\} = \{a_4 a_5 a_6\}$;

$B_4 = (F, 0, \varphi_4)$ – выведение отходов;

$\varphi_4 = L(B_4) = \{a_5 B_4 \vee B_4 \rightarrow a_5 a_7 a_8\} = \{a_5 a_7 a_8\}$;

$B_5 = (F, 0, \varphi_5)$ – получение электроэнергии и отвод пара;

$\varphi_5 = L(B_5) = \{a_6 B_5 \vee B_5 \rightarrow a_6 a_9 a_{10}\} = \{a_6 a_9 a_{10}\}$;

начальная маркировка представляется вектором: $(1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$.

Принцип работы E-сетей позволяет задать входные параметры процессов (закономерностей) и выполнить необходимые расчеты. В работе [5] подробно изложена рассматриваемая данная модель станции.

Для реализации на компьютере построенной модели E-сети использовали приложение Simulink

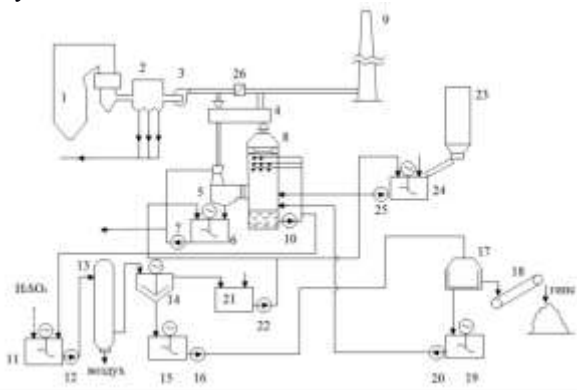
к пакету прикладных программ для решения задач технических вычислений MatLab.

В процесс математического моделирования, используя Simulink, предоставляется возможным на экране компьютера осуществить визуальное программирование, то есть из библиотеки стандартных блоков можно создать модель устройства и произвести расчеты. Главным преимуществом этого приложения является то, что пользователю не обязательно глубоко знать язык программирования и численные методы математики, достаточным будет наличие общих знаний работы на компьютере и предметной области пользователя.

Созданная в Simulink модель представляет собой балансовую модель материальных потоков, состоящая из нескольких технологических стадий: потери угля при его подготовке к сжиганию; получение электроэнергии; образование и переработка золошлаковых отходов; образование и очистка газовых выбросов. В целях наглядности балансовой модели и удобства её расширения блоки переработки и очистки были реализованы в виде подсистем. Рассмотрим подсистему очистки газовых выбросов ТЭС, которая в свою очередь также состоит из нескольких модулей: электрофильтр, улавливание углекислого газа, система очистки от оксидов азота и система сероочистки.

В качестве примера математической обработки и трехмерного компьютерного моделирования остановимся на системе улавливания сернистого ангидрида.

Сернистый ангидрид и соединения с его содержанием негативно влияют на здоровье людей, уничтожают леса, закисляют водоемы и вызывают коррозию металлических конструкций. На сегодняшний день существует более 80 способов извлечения оксидов серы из дымовых газов. Рассмотрим метод мокрой сероочистки, в котором в качестве конечного продукта производится гипс. Схема метода мокрой сероочистки представлена на рисунке 2.



1 - котел; 2 - электрофильтр; 3 - дымосос; 4 - регенеративный газовый подогреватель; 5 - предвключенный скруббер; 6 - циркуляционная емкость скруббера; 7, 10, 12, 16, 20, 22, 25 -

насосы; 8 - абсорбер; 9 - дымовая труба; 11 - окислительная емкость; 13 - окислительная башня; 14 - сгуститель; 15 - емкость сгустителя; 17 - центрифуги; 18 - конвейер; 19 - емкость центрифуг; 21 - емкость осветленной воды; 23 - емкость известняка; 24 - емкость для приготовления суспензии; 26 - переключающий шибер

Рис. 2. Схема метода мокрой сероочистки

Математическая модель данной системы в терминах E-сетей представлена на рисунке 3.

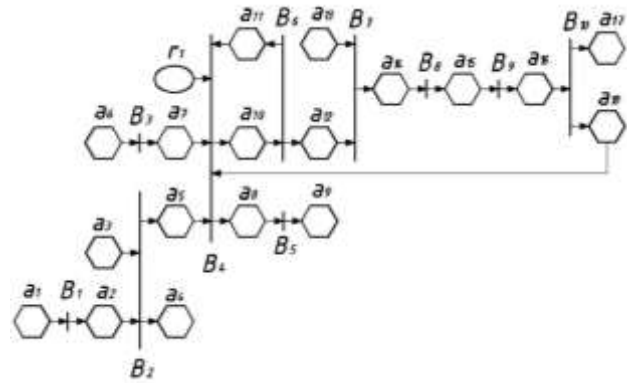


Рис. 3. Модель системы улавливания оксида серы в терминах E-сетей

a_1 – количество дымовых газов, поступающих в теплообменник;

a_2 – количество дымовых газов, поступающих в скруббер с трубой Вентури;

a_3 – количество воды для работы скруббера, поступающей из его рециркуляционного бака;

a_4 – количество золы, которое выводится из системы;

a_5 – количество дымовых газов, которое поступает в абсорбер;

a_6 – количество известняка, которое подается в емкость для приготовления суспензии;

a_7 – количество готовой суспензии, поступающей в абсорбер;

a_8 – количество очищенного газа, поступающего в теплообменник;

a_9 – количество очищенного газа, покидающего установку по дымовой трубе;

a_{10} – количество продуктов реакции, которое собирается в циркуляционной емкости;

a_{11} – количество промывочного раствора, которое снова вступает в реакцию;

a_{12} – количество пульпы, попадающее в окислительную ёмкость;

a_{13} – количество серной кислоты, поступающее в окислительную ёмкость;

a_{14} – количество сульфата кальция, которое поступает при помощи насоса в окислительную башню;

a_{15} – количество пульпы, поступающее в сгуститель;

a_{16} – количество концентрированного сульфата кальция, направляющееся на центрифуги;

a_{17} – количество гипса, которое по конвейеру переправляется на склад;

a_{18} – количество воды, отделенное в центрифугах и поступающее в продувочную ёмкость.

$B_1 = (T, 0, \varphi_1)$ – процесс охлаждения дымовых газов;

$$\varphi_1 = L(B_1) = \{a_1 B_1 \vee B_1 \rightarrow a_1 a_2\} = \{a_1 a_2\};$$

$B_2 = (I, 0, \varphi_2)$ – охлаждение газов до температуры насыщения;

$$\varphi_2 = L(B_2) = \{a_2 a_3 B_2 \vee B_2 \rightarrow a_2 a_3 a_4 a_5\} = L(B_2) = \{a_2 a_3 a_4 a_5\};$$

$B_3 = (T, 0, \varphi_3)$ – подготовка суспензии для абсорбера;

$$\varphi_3 = L(B_3) = \{a_6 B_3 \vee B_3 \rightarrow a_6 a_7\} = \{a_6 a_7\};$$

$B_4 = (Y, 0, \varphi_4)$ – процесс очистки от оксидов серы;

$$\varphi_4 = L(B_4) =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} a_5 \rightarrow B_4, a_7 \rightarrow B_4, a_{11} \rightarrow B_4, a_{18} \rightarrow B_4, r_1 \rightarrow B_4, \\ B_4 \rightarrow a_8, B_4 \rightarrow a_{10} \leq = > r_1 = 0 \vee \\ \vee (a_5 = 1, a_7 = 1, a_{11} = 0, a_{18} = 0, a_8 = 0, \\ a_{10} = 0) \rightarrow a_5 a_7 a_8 a_{10} \\ \\ a_5 \rightarrow B_4, a_7 \rightarrow B_4, a_{11} \rightarrow B_4, a_{18} \rightarrow B_4, r_1 \rightarrow B_4, \\ B_4 \rightarrow a_8, B_4 \rightarrow a_{10} \leq = > r_1 = 1 \vee \\ \vee (a_5 = 1, a_7 = 1, a_{11} = 1, a_{18} = 1, a_8 = 0, \\ a_{10} = 0) \rightarrow a_5 a_7 a_8 a_{10} a_{11} a_{18} \end{array} \right\} =$$

$$= L(B_4) = \{a_5 a_7 a_8 a_{10} \wedge a_5 a_7 a_8 a_{10} a_{11} a_{18}\};$$

$B_5 = (T, 0, \varphi_5)$ – процесс теплообмена;

$$\varphi_5 = L(B_5) = \{a_8 B_5 \vee B_5 \rightarrow a_8 a_9\} = \{a_8 a_9\};$$

$B_6 = (F, 0, \varphi_6)$ – процесс сепарации;

$$\varphi_6 = L(B_6) = \{a_{10} B_6 \vee B_6 \rightarrow a_{10} a_{11} a_{12}\} = \{a_{10} a_{11} a_{12}\};$$

$B_7 = (I, 0, \varphi_7)$ – окисление остатков карбоната кальция;

$$\varphi_7 = L(B_7) = \{a_{12} a_{13} B_7 \vee B_7 \rightarrow a_{12} a_{13} a_{14}\} =$$

$$L(B_7) = \{a_{12} a_{13} a_{14}\};$$

$B_8 = (T, 0, \varphi_8)$ – окончательное окисление сульфита кальция кислородом;

$$\varphi_8 = L(B_8) = \{a_{14} B_8 \vee B_8 \rightarrow a_{14} a_{15}\} = \{a_{14} a_{15}\};$$

$B_9 = (T, 0, \varphi_9)$ – обезвоживание сульфата кальция;

$$\varphi_9 = L(B_9) = \{a_{15} B_9 \vee B_9 \rightarrow a_{15} a_{16}\} = \{a_{15} a_{16}\};$$

$B_{10} = (F, 0, \varphi_{10})$ – процесс отделения гипса от воды;

$$\varphi_{10} = L(B_{10}) = \{a_{16} B_{10} \vee B_{10} \rightarrow a_{16} a_{17} a_{18}\} = \{a_{16} a_{17} a_{18}\};$$

r_1 – проверка наличия воды и суспензии в абсорбере.

Система сероочистки на ТЭС, реализованная в приложении Simulink, представлена на рисунке 4.

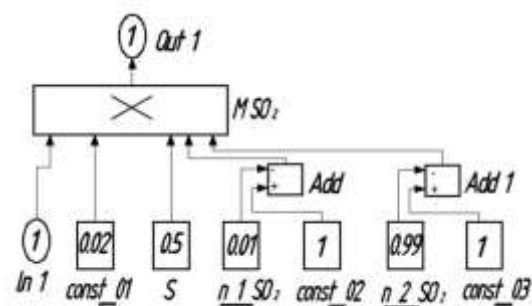


Рис. 4. Система сероочистки в Simulink

Для вычисления показателей модуля системы улавливания оксида серы использовалась формула:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot m \cdot S \cdot (1 - \eta_{SO_2}^1) \cdot (1 - \eta_{SO_2}^2),$$

где M_{SO_2} – валовый выброс оксидов серы в пересчете на диоксид серы;

m – количество израсходованного топлива в год, т;

S – содержание серы, в %;

$\eta_{SO_2}^1$ – доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива;

$\eta_{SO_2}^2$ – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе.

Для реалистичного представления системы очистки газовых выбросов от оксидов серы и более точного расчета планируемой площади под оборудование на основании результатов обработки технологических процессов в терминах E-сетей с использованием математической обработки в приложении Simulink, и имеющейся технической документации применили элементы трехмерной графики.

Создание трехмерной модели или 3D моделирование объекта позволяет разработать визуальный объемный образ объекта, а процесс создания фотореалистичного изображения на основе трехмерной модели объекта позволяет получить 3D визуализацию.

Процесс моделирования и визуализации любого объекта или процесса включает несколько операций: создание трехмерной модели объекта, текстурирование, освещение, анимация, рендеринг.

Согласно этапам процесса моделирования и исходным данным в графическом редакторе разрабатывались модели деталей, входящих в сборочные единицы, из которых была скомпонована технологическая линия системы очистки газовых выбросов от оксидов серы. Далее собирали сборочные единицы и накладывали текстуру. Пример 3D моделирования отдельной сборочной единицы, входящей в технологическую линию представлен на рисунках 5, 6.

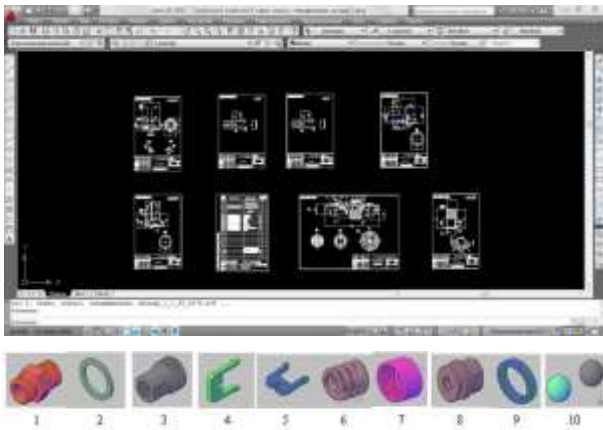


Рис. 5. Моделирование деталей, входящих в состав сборочной единицы (1 – штуцер, 2 – прокладка, 3 – корпус, 4 – скоба, 5 – скоба, 6 – пружина, 7 – гайка накидная, 8 – седло, 9 – кольцо, 10 – шарики)

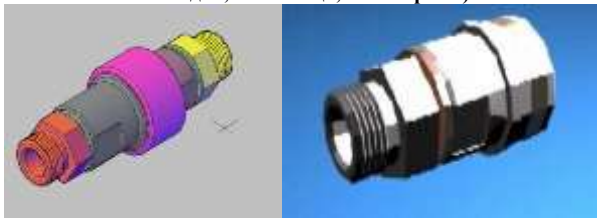


Рис. 6. Трёхмерное изображение сборочной единицы оборудования

Далее были построены твердотельные модели оборудования и трубопроводов, затем с учетом планируемой проектной площади и расстановки оборудования было выполнено трёхмерное изображение будущей технологической линии (рис. 7).



Рис. 7. Трёхмерная модель системы улавливания и хранения оксидов серы

Такое изображение, в отличие от стандартных чертежей и схем, которыми пользуются конструкторы и технологи повседневно, позволяет создавать объекты с фотографической точностью и реалистичностью. Кроме того, оно позволяет наглядно увидеть технические недочеты при теоретическом планировании и устранить их.

В заключение следует отметить, что полученная модель в дальнейшем может быть расширена путём добавления в её структуру необходимых модулей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена задача о применении средств математической обработки и компьютерного 3D моделирования при планировании рабочих процессов газоочистных сооружений электростанции на стадии планирования и её проектирования.

В работе представлены результаты последовательной обработки технологической линии участка очистки газовых выбросов в системах САЕ и САД, при этом обработка в САД-системе основана на результатах, полученных в САЕ-системе.

Такой подход может позволить подобрать технологию производства, а также обеспечить высокий экологический эффект планируемой системы очистки газовых отходов. Полученные результаты позволяют наглядно отобразить технологический процесс и сопоставить с теоретическими расчетами на стадии проектирования ТЭС и при необходимости внести коррективы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оценка качества напряжения питания в судовой электроэнергетической системе методом компьютерного моделирования / Д.В. Батрак [и др.] // Электротехника, – 2017. – № 12. – С. 18–24.
2. Карандашов, Ю.С. Математическое моделирование электрических нагрузок судовых электростанций [Текст] / Ю.С. Карандашов // Судостроение. – 2004. – № 2 (753). – С. 31–34.
3. Бат-Очир, Б. Методика определения режимов работы электростанций в рыночных условиях [Текст] / Б. Бат-Очир, Э. Эрдэнэбат // Производственный менеджмент: теория, методология, практика. – 2016. – № 6. – С. 150–155.
4. Полоус, М.А. Комплекс трёхмерного расчета выходных характеристик одноэлементного электрогенерирующего канала термоэмиссионных язу различного назначения / М.А. Полоус, Д.И. Соловьев, В.И. Ярыгин // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2017. – № 2. – С. 81–92.
5. Aksenova O. Application of Mathematical and Three-Dimensional Computer Modeling Tools in the Planning of Processes of Fuel and Energy Complexes / Aksenova O., Nikolaeva E., Cehlár M. // E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium. 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20172103009.

Аксенова Олеся Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой начертательной геометрии и графики, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ), тел: 8(3842)396381, e-mail: olesya_aksenova42@mail.ru

Николаева Евгения Александровна – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой математики, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ), тел: 8(3842)396960, e-mail: nikolaeva@yandex.ru

Овсянникова Евгения Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и графики, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ), тел: 8(3842)396381, e-mail: eao251285@yandex.ru

APPLICATION OF MATHEMATICAL PROCESSING AND COMPUTER MODELING WHEN DESIGNING WORKFLOWS GAS TREATMENT FACILITIES FUTURE POWER PLANT

Aksenova O. Yu., Nikolaeva E. A., Ovsyannikova E. A.
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia

The article considers the possibility of joint application of mathematical processing tools and computer 3D modeling of the technological line of processes occurring in gas treatment facilities of power plants. The authors propose to consider an approach to the design of gas emission treatment sites for future power plants by mathematical processing and computer 3D modeling. Mathematical processing using the E-network device and creating a 3D model allows you to plan the system of gas treatment facilities, select the appropriate technology and thus ensure the environmental effect of the planned waste treatment system of the power plant. The authors present the results of processing the technological processes of the gas emission treatment system in terms of E-networks using mathematical processing in the Simulink application, which displays the device model from the standard blocks available in the program and performs the necessary calculations. 3D models of individual hardware units selected based on mathematical processing calculations in the Simulink application were created using computer 3D modeling in the graphics editor. A 3D visualization of the gas emission treatment area has been performed, which allows you to visually display the planned gas emission treatment area at the design stage of the future power plant, which, if necessary, will allow you to easily make changes to the project.

Keyword: Petri nets, E-nets, mathematical modeling, three-dimensional computer modeling, 3D modeling.

REFERENCES

1. Evaluation of the quality of the power supply voltage in the ship's electric power system by computer modeling / D. V. Batrak [et al.] // *electrical Engineering*, - 2017. – No. 12. - Pp. 18-24.
2. Karandashov, Yu. S. Mathematical modeling of electrical loads of ship power plants [Text] / Yu. s. Karandashov // *Shipbuilding*. - 2004. – No. 2 (753). - Pp. 31-34.
3. Bat-Ochir, B. Method of determining the operating modes of power plants in market conditions [Text] / B. bat-Ochir, E. Erdenebat // *Production management: theory, methodology, practice*. - 2016. - No. 6. - Pp. 150-155.
4. Polous, M. A. Complex of three-dimensional calculation of output characteristics of a single-element electric generating channel of thermionic nuclear power plants for various purposes / M. A. Polous, D. I. Solovyov, V. I. Yarygin // *Izvestia of higher educational institutions. Nuclear power*. - 2017. - No. 2. - Pp. 81-92.
5. Aksenova O. Application of Mathematical and Three-Dimensional Computer Modeling Tools in the Planning of Processes of Fuel and Energy Complexes / Aksenova O., Nikolaeva E., Cehlár M. // *E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium*. 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20172103009.

Aksenova Olesya Yurievna - candidate of technical Sciences, professor, head of the Department of descriptive geometry and graphics, Kuzbass state technical University. T. F. Gorbachev (KuzSTU), 8(3842)396381, e-mail:olesya_aksenova42@mail.ru

Nikolaeva Evgenia Aleksandrovna - candidate of physical and mathematical Sciences, professor, head of the Department of mathematics, Kuzbass state technical University. T. F. Gorbachev (KuzSTU), 8 (3842)396960, e-mail:nikolaevaea@yandex.ru

Ovsyannikova Evgenia Aleksandrovna - candidate of technical Sciences, associate Professor of descriptive geometry and graphics, Kuzbass state technical University. T. F. Gorbachev (KuzSTU), 8(3842)396381, e-mail:eo251285@yandex.ru