



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ SIMINTECH В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАСЧЁТАХ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Очков¹ В.Ф., Ахметова² И.Г., Егорова¹ Н.В., Абрамова¹ Д.А., Шацких¹ Ю.В.

¹Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

²Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

YegorovaNatV@mpei.ru

Резюме: АКТУАЛЬНОСТЬ. Применение отечественных программных комплексов в энергетической отрасли связано с импортозамещением зарубежных платформ для программирования. В настоящий момент для моделирования процессов в теплоэнергетике широкое применение находит среда динамического моделирования технических систем SimInTech. ЦЕЛЬ. Описать методику моделирования схемы паротурбинной установки - цикла Ренкина в среде динамического моделирования SimInTech. Создать блоки субмодели расчета элементов паротурбинной установки. Разработать удобный для пользователя интерфейс ввода исходных данных и наглядной визуализации результатов расчета. МЕТОДЫ. Разработанная методика расчета схемы паротурбинной установки в среде SimInTech создается на базе схемы модели общего вида. Разрабатываются отдельные субмодели расчетных схем турбины, парового котла, конденсатора и насоса. Для определения термодинамических параметров воды и водяного пара используется библиотека свойства веществ воды и водяного пара. РЕЗУЛЬТАТЫ. В статье описана методика моделирования схемы цикла Ренкина, показаны особенности создания субмоделей теплоэнергетических элементов схем. Для каждого элемента субмодели выполнена визуализация исходных данных в удобном формате, промежуточные результаты отслеживаются по линиям связи. Результаты расчета термодинамических параметров и показателей эффективности схемы записываются в отдельный файл, что позволяет анализировать полученные сведения для различных вариантов исходных данных. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Разработанные субмодели турбины, парового котла, насоса и конденсатора позволяют собрать схему паротурбинной установки и выполнить термодинамический расчет с высокой степенью точности. Возможна реализация более комплексной модели путем создания дополнительных субмоделей, таких как промежуточный пароперегреватель, подогреватели поверхностного и смешивающего типов и других элементов.

Ключевые слова: паротурбинная установка; цикл Ренкина; моделирование; субмодели; SimInTech; паровая турбина; насос; конденсатор.

Для цитирования: Очков В.Ф., Ахметова И.Г., Егорова Н.В., Абрамова Д.А., Шацких Ю.В. Использование программы SimInTech в теплоэнергетических расчётах: проблемы и решения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2026. Т. 28. № 2. С. 187-197. doi: 10.30724/1998-9903-2026-28-2-187-197.

SIMINTECH USING IN THERMAL ENERGY CALCULATIONS: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Ochkov¹ V.F., Ahmetova² I.G., Abramova¹ D.A., Yegorova¹ N.V., Shatskikh¹ Yu.V.

¹ National Research University "MPEI" Moscow, Russia

² Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

YegorovaNatV@mpei.ru

Abstract: RELEVANCE. The use of domestic software systems in the energy industry is associated with the import substitution of foreign programming platforms. Currently, the SimInTech dynamic modeling environment for technical systems is widely used for modeling processes in the thermal power industry. THE PURPOSE. To describe the methodology for modeling the scheme of a Rankine steam turbine installation in the SimInTech dynamic

modeling environment. Create blocks of a submodel for calculating a steam turbine, pump, and condenser. To develop a user-friendly interface for input of initial data and visual visualization of calculation results. METHODS. The developed method for calculating the scheme of a steam turbine installation in the SimInTech environment is based on the scheme of a general model. Separate submodels of turbine, condenser and pump design schemes are being developed. The Properties of substances library is used to determine the thermodynamic parameters of water and steam. RESULTS. The article describes a method for modeling a Rankine cycle circuit, and shows the features of creating submodels of thermal power elements of circuits. For each element of the submodel, the source data is visualized in a convenient format, and the intermediate results are monitored over communication lines. The results of calculating the thermodynamic parameters and performance indicators of the scheme are recorded in a separate file, which allows you to analyze the information obtained for various source data variants. CONCLUSION. The developed submodels of the turbine, pump and condenser make it possible to perform thermodynamic calculation of the elements with a high degree of accuracy. A model of a steam turbine installation is created from individual elements of the submodels. It is possible to implement a more complex model by creating additional submodels, such as an intermediate superheater, heaters and other elements.

Keywords: *steam turbine plant; Rankine cycle; modeling; submodels; SimInTech; steam turbine; pump; condenser.*

For citation: Ochkov V.F., Ahmetova I.G., Abramova D.A., Yegorova N.V., Shatskikh Yu.V. SimInTech using in thermal energy calculations: problems and solutions. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2026; 28 (2): 187-197. doi: 10.30724/1998-9903-2026-28-2-187-197.

Введение (Introduction)

Глобальное внедрение компьютерных информационных технологий в сфере энергетики обеспечивает комплексный переход к новым возможностям расчетов объектов и систем энергетической отрасли. Применение компьютерных программ в энергетической отрасли позволяет с высокой точностью проводить сложные технические расчеты с высокой степенью точности, оптимизировать схемы установок, определять наилучшие условия работы. Для инженерных расчетов во всем мире до недавнего времени широко использовался MATLAB и Mathcad. В силу ряда причин сейчас на российском рынке вышеуказанные программные продукты легально не используются, что вызывает некоторые трудности в разработке новых модельных расчетов. Что предлагает на сегодняшний день российская IT-индустрия взамен недоступному американскому софту? Давайте разбираться!

В нашем пользовании оказался программный продукт SimInTech¹ – современный расчетный комплекс, предназначенный для математического моделирования, разработки алгоритмов управления и программирования вычислителей [1]. Программа «SimInTech» позволяет эффективно решать инженерные задачи от проектирования до эксплуатации оборудования. Благодаря модульной архитектуре и открытому интерфейсу, SimInTech легко интегрируется с другими программными продуктами, что значительно расширяет её функциональные возможности.

Современные программы для теплоэнергетических расчётов имеет большое практическое значение, что позволяет находить новые способы оптимизации работы тепловых установок и повышать их энергоэффективность. Расчетные математические модели в SimInTech создаются посредством функционально блочного программирования при помощи блоков, которые содержатся в различных библиотеках [2]. Система SimInTech находит применение для моделирования систем энергетического комплекса [3, 4], однако в настоящий момент отсутствуют готовые блоки для расчетов, например, термодинамических циклов и отдельных его элементов (турбина, насос, конденсатор).

Цель исследования является разработка пошаговой методики моделирования цифровых субмоделей отдельных блоков, входящих в систему паротурбинной установки в среде SimInTech. Алгоритм позволит пользователю самостоятельно научиться

¹ Система SimInTech с 15 декабря 2016 г. включена в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Правообладатель – ООО «ЗВ СЕРВИС» www.simintech.ru.

разрабатывать цифровые модели теплоэнергетических объектов, а также визуализировать результаты расчетной схемы.

Научная значимость исследования заключается в возможности повышения качества расчетов за счет создания субмоделей элементов тепловых схем. Моделирование объектов теплоэнергетики формируется на базе созданных субмоделей, описанных современными физико-математическими методами.

Практическая значимость исследования представляет ценность для расчета энергетических объектов, поскольку применение динамической среды моделирования SimInTech делает возможным моделировать выполнять расчеты теплоэнергетических процессов с высокой степенью точности.

Литературный обзор (Literature Review)

Моделирование энергетических объектов описывается с помощью математических моделей. Точность описания математической модели зависит от применяемых инструментов расчета программных комплексов [2].

Долгое время потребности математического моделирования удовлетворялись средой MATLAB Simulink [2]. Программа MATLAB предоставляла возможности гибкой настройки параметров расчёта [3-5], обработки и анализа результатов работы исследуемых моделей [6-8]. Современная геополитическая обстановка в РФ потребовала безопасного и качественного программного продукта. Для математического моделирования широко стал внедряться отечественный программный комплекс SimInTech.

Возможности применения отечественного программного комплекса SimInTech, разработанной ООО «ЗВ Сервис», отражаются в научных трудах. Анализ работ позволяет сделать вывод о более широком использовании элементов и библиотек программы SimInTech по сравнению с MATLAB Simulink [9].

В статье [10] описаны модели расчета тепловых элементов станций, в [11] представлена модель энергоблоков ПГУ. Результаты расчетов в среде SimInTech хорошо коррелируются с реальными процессами, погрешность расчетов в пределах 0,5%. В [11] результаты исследований показали, что имитационная модель, реализованная в SimInTech, обладает достаточной точностью.

SimInTech позволяет осуществить визуальное моделирование в электрических сетях [12, 13]. Имеется опыт моделирования солнечной батареи [14], проектных решений АЭС [15], расчетов строительных конструкций [16].

Разработки моделей [17, 18] в SimInTech позволяют пользователям объединять данные и модели для более комплексного анализа. Имитационное моделирование SimInTech применяют для обучения студентов НИУ МЭИ (ТУ) [9] с целью более широкого применения современного ПО для решения сложных энергетических задач. Важным является подготовка инженерных кадров в энергетике, умеющих пользоваться актуальным программным инструментом [17].

Программа SimInTech отвечает современному требованию моделирования энергетических объектов. Рассмотренные модели использовали типовые блоки общетехнических библиотек программного обеспечения. Для создания отдельных элементов схем использовалось создание отдельных субмоделей, так как типовые модели элементов отсутствуют в базе библиотек. Возникает необходимость создания готовых моделей/субмоделей для исключения ошибок в моделировании схем, и соответственно, точности расчетов.

Материалы и методы (Materials and methods)

1. Моделирование схемы цикла Ренкина

Для наглядной демонстрации потенциала SimInTech в теплоэнергетических расчётах рассмотрим практический пример — моделирование цикла Ренкина на перегретом паре (Рис. 1). Расчет цикла паротурбинной установки в SimInTech позволит на конкретном примере увидеть, как теоретические возможности программы реализуются при решении реальных инженерных задач.

Схема состоит из следующих основных элементов:

- паровой котёл (ПК) — генерирует перегретый пар с заданными параметрами;
- паровая турбина (Т) — преобразует энергию пара в механическую работу;
- конденсатор (К) — охлаждает пар до его до температуры насыщения;
- насос (Н) — повышает давления жидкости до уровня, необходимого для работы парового котла.

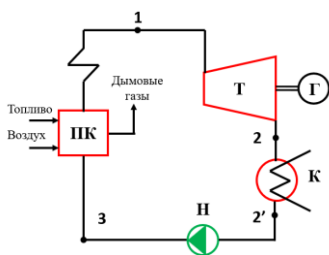


Рис. 1. – Принципиальная схема простой паротурбинной установки Fig.1 The schematic diagram of Steam turbine installation

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Математическая модель простой схемы ПТУ основывается на термодинамических уравнениях расчета теплоты и технической работы в изопротессах (изобарных и изоэнтропных) и использовании свойств воды и водяного пара.

Удельные работа турбины и насоса, подводимая теплота рассчитывается из уравнения 1 закона термодинамики для потока:

$$l_T = h_1 - h_2 - \text{удельная работа турбины в обратимом цикле, кДж/кг;}$$

$$l_H = h_3 - h_{2'} - \text{удельная работа насоса, кДж/кг;}$$

$$q_1 = h_1 - h_3 - \text{удельная подводимая в цикле теплота, кДж/кг.}$$

Эффективность обратимого цикла ПТУ определяется термическим КПД установки:

$$\eta_t = \frac{l_{\text{ц}}}{q_1} = \frac{l_T - l_H}{q_1}$$

Рабочим телом в цикле Ренкина является вода и водяной пар, термодинамические свойства которых имеют сложные зависимости для разных фазовых состояний. Расчет простейших тепловых схем паротурбинных установок в расчетных комплексах невозможен без использования программ по нахождению свойств воды и водяного пара при различных состояниях. Несмотря на то, что доступ к программам расчёта термодинамических параметров считается значительным преимуществом, на сегодняшний день взаимодействие с этими функциями в большинстве программных комплексов осуществляется через написание специального кода. Такой подход существенно усложняет работу с расчётами и требует от пользователя дополнительных навыков.

Поскольку цикл Ренкина состоит из ряда элементов, в SimInTech эти элементы можно создать с помощью блока субмодель, перейдя в режим разработчика (рис. 2).

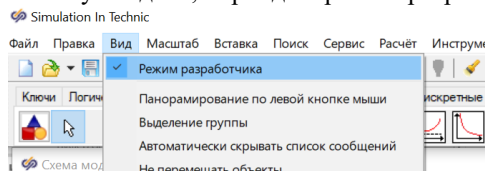


Рис 2 Включение режима разработчика

Fig.2 Turn of developer mode

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Для создания любого элемента удобно представить схематично само решение с блоками и связями между ними. Пример такой блок-схемы для турбины представлен на рисунке 3.

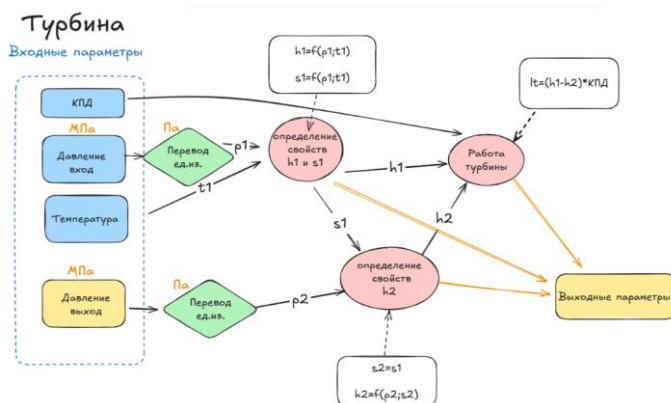


Рис. 3 Блок-схема для турбины

Fig.3 Turbine block diagram

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

2. Алгоритм создания субмоделей общего вида

С помощью описанного алгоритма создадим блок субмодели в среде SimInTech расчета паровой турбины. Для построения расчетной схемы турбины создадим в SimInTech новый проект, в выпадающем списке выберем «Схема модели общего вида» (рис. 4), в результате откроется схемное окно, которое рекомендуется сразу «Сохранить как..». Теперь приступим к созданию субмодели: выберем на панели Субструктуры «Субмодель» (Рис. 5).

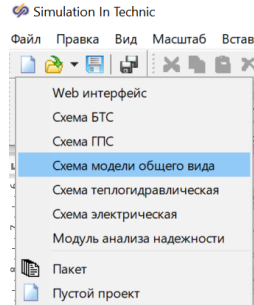


Рис. 4 Создание нового файла – схемы модели общего вида

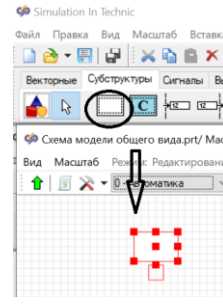


Рис. 5 Создание субмодели

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Для этого создадим порты входа и выхода согласно блок-схеме (рис. 6).

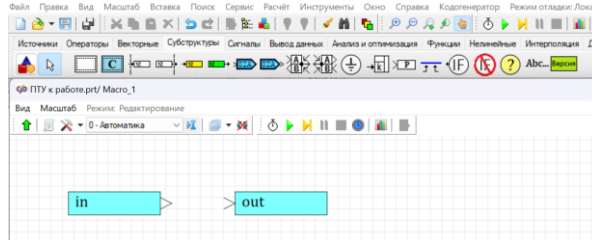


Рис. 6 Создание портов входа-выхода

Fig. 6 Creating entry and exit ports

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Следующим этапом добавим необходимые элементы для расчета, используя готовую библиотеку блоков в среде SimInTech. Например, для перевода единиц измерения может быть использован блок «константа» $\frac{1E06}{k}$ и «перемножитель» $*$. Давление острого пара P_1 на входе в турбину задается в МПа, в рассматриваемой задаче давление $P_1 = 15$ МПа, с помощью блока константа переводим давление в единицы СИ, $P_1 = 15 * 1000000 = 15000000$ Па.

Для определения термодинамических параметров воды и водяного пара используем библиотеку свойства веществ. Данная библиотека позволяет находить не только параметры насыщения, но и свойства воды и водяного пара при различных комбинациях входных данных. Использование заданных параметров давления P_1 , Па и температуры T_1 , °С позволяет определить термодинамические параметры. Выбираем в закладке Свойства вещества панель «Свойства воды и пара» (Рис 7). Встроенная функция расчета свойств воды и водяного пара позволяет по двум параметрам определять любые термодинамические параметры воды и пара. Первым задаваемым параметром является давление (в Па), вторым параметром могут быть заданы температура, энтальпия или энтропия (Рис. 8). Согласно исходным данным вторым параметром для расчета является температура в градусах и по шкале Цельсия.

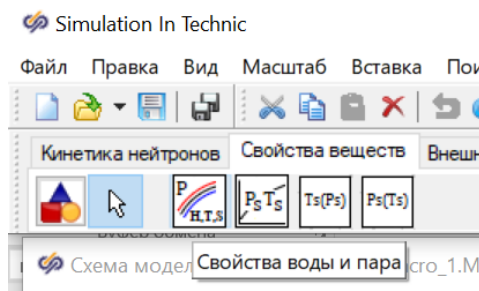


Рис 7 Панель «Свойства воды и пара»

Fig. 7 «Water and Steam Properties» Panel

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

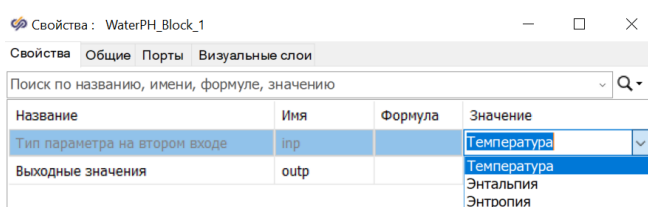


Рис. 8 Выбор второго параметра для определения свойств воды и пара

Fig. 8 Selecting the second parameter to determine the water and steam properties

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

В результате использования встроенного блока свойств могут быть определены различные термодинамические параметры (Рис. 9). Для дальнейших расчетов рассматриваемой схемы понадобятся только энтальпия и энтропия, именно эти параметры с помощью встроенного фильтра были зафиксированы для следующего этапа расчетов.

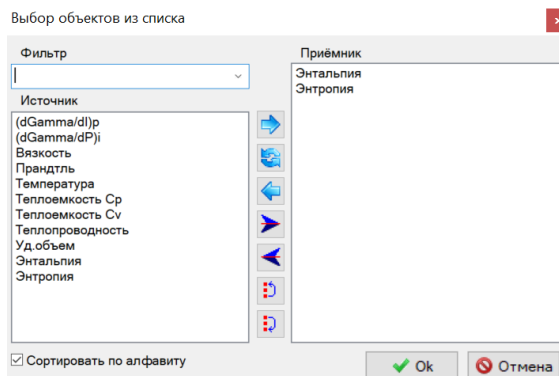


Рис. 9 Выбор термодинамических параметров

Fig. 9 Thermodynamic parameters selection

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Следует особо подчеркнуть, что на данном этапе в пакет SimInTech встроен блок (Рис. 7), опирающийся не на формуляции Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (www.iapws.org), а на интерполяцию по узловым точкам. Это связано с тем, что расчет свойств воды и водяного пара по формуляциям МАСВП занимает слишком большое время, часто не укладывающееся в рамки процессов управления теплоэнергетическими процессами в реальном времени. Но фирма-разработчик имеет планы интегрировать пакет WaterSteamPro в SimInTech. Такие же планы имеются и по отношению к физико-математическому пакету Smath Studio, который отвечает современным требованиям к научно-техническим и, в частности, к теплотехническим расчетам – работа с единицами измерения.

3. Разработка субмодели паровой турбины

На рисунке 10 показана расчетная субмодель определения термодинамических параметров водяного пара на входе в турбину.

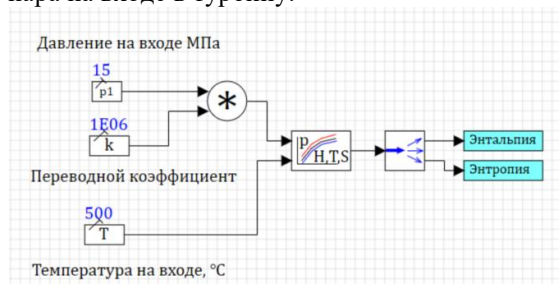


Рис. 10 Создание расчетной модели определения параметров на входе в турбину

Fig.10 Creating a calculation model for determining parameters at the turbine inlet

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Аналогичным образом создаем блок для ввода исходных данных на выходе из турбины. Задаем давление в конденсаторе $p_k = 0.004$ МПа, вторым параметром для определения термодинамических параметров на выходе из турбины является значение энтропии, рассчитанное при заданных p_1 и T_1 . Процесс расширения пара в турбине адиабатный изоэнтропный, энтропия в обратимом процессе расширения остается постоянной.

Расчет работы турбины по известным формулам технической работы в SimInTech выполняем, используя блок «язык программирования». Входными параметрами input

для расчета являются удельная энтальпия пара на входе в турбину h_1 , удельная энтальпия пара на выходе из турбины h_2 , КПД турбины kpd_t – параметр задается для расчетов необратимого процесса расширения. Выходным параметром output является удельная работа l .

```

Файл  Правка  Поиск  Расчёт  Справка  Инструменты
1  input h1,h2,kpd_t;
   output l_t;
   .
   .
   .
   l_t = (h1-h2)*kpd_t;
    
```

Рис. 11 Расчетный блок работы турбины Fig.11 The design block of the turbine operation
 *Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Итоговый вид внутри субмодели, а также код для расчета работы турбины представлен на рисунке 12.

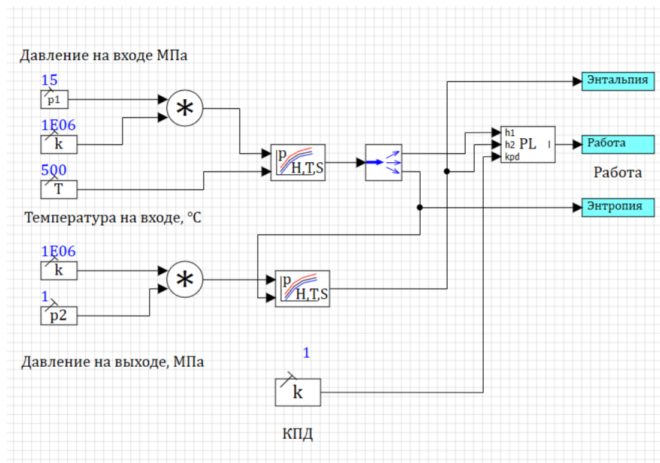


Рис 12 Создание субмодели турбина (внутри блока) Fig. Creating a turbine submodel (inside the block)
 *Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Теперь необходимо сделать данную субмодель удобную для пользователя, поэтому необходимо выйти из субмодели и изменить сам блок, созданы необходимые свойства со входными параметрами.

Редактирование блока: Масго_1					
Свойства Общие Параметры Порты Расчёт					
Поиск по названию, имени, формуле, значению					
№	Название	Имя	Тип данных	Формула	Значение
5	Потери	Property	Текст		Нет
3	Температура на входе в турбину, С	T_in	Вещественное		500
1	Давление на входе в турбину, МПа	k_0	Вещественное		14
4	КПД	kpd_t	Вещественное		1
2	Давление на выходе из турбины, МПа	pressure_pp	Вещественное		0.5

Рис. 13 Создание свойств субмодели Турбина Fig. 13 Creating properties of the Turbine submodel

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Каждому параметру присваивается имя переменной, удобное пользователю. Следующим этапом является присваивание этим переменным значений из блоков внутри субмодели, для этого в скрипт внутри субмодели записывается следующий код:

```

k_2.a = submodel.pressure_pp;
k_1.a = submodel.T_in;
k_3.a = submodel.kpd_t;
    
```

где переменные k_1, k_2 и k_3 это имена соответствующих блоков констант давления

пара на входе в турбину, температура пара на входе в турбину, КПД турбины; символ α – параметр.

4. Разработка субмоделей конденсатора и насоса

По аналогии с турбиной создаются остальные составные элементы – конденсатор и насос. Внутренний вид их субмоделей представлен на рисунках 14,15.

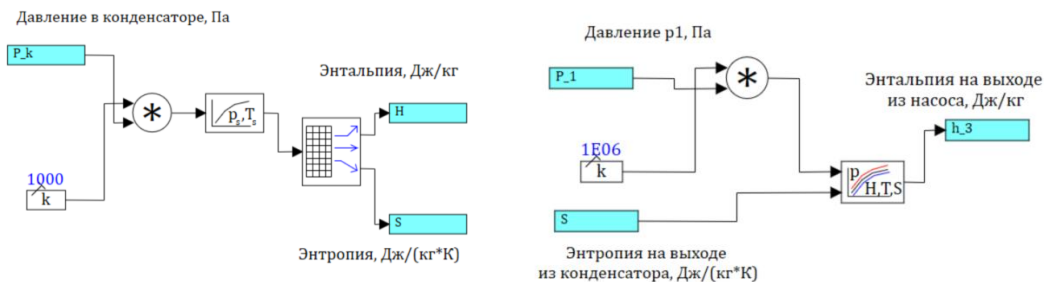


Рис. 14 Субмодель Конденсатор Fig.14 The Capacitor submodel Рис. 15 Субмодель Насос Fig.15 The Pump submodel

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Результаты (Results)

Общий вид итогового проекта представлен на рисунке 16. Можно видеть, что в таком виде результаты расчеты представлены в более удобном формате, а промежуточные значения можно отслеживать по линиям связи между элементами. Результаты расчета записываются в текстовый файл.

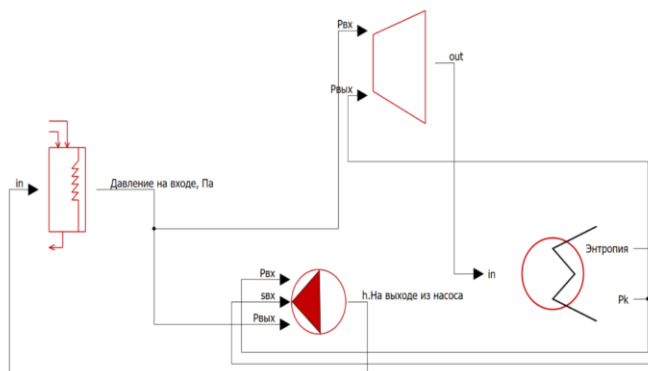


Рис. 16 Общий вид расчета схему ПТУ Fig. 16 General view of the STI scheme calculation

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Таким образом SimInTech обладает рядом существенных преимуществ:

- визуализация термодинамических процессов позволяет наглядно видеть циклы, процессы изменения состояния рабочего тела и тепловые потоки;
- библиотека термодинамических свойств содержит готовые блоки удобные для моделирования процессов в теплоэнергетическом оборудовании;
- термодинамические расчёты выполняются с высокой точностью благодаря встроенным алгоритмам и базам данных свойств веществ.

Можно сделать вывод, что благодаря наличию современных инструментов визуализации и анализа результатов, SimInTech становится незаменимым помощником для инженеров-теплоэнергетиков, позволяя им проводить расчёты быстро, точно и эффективно.

Литература

1. Официальный сайт среды моделирования SimInTech URL <https://simintech.ru>.
2. Александров, А. А. Математические пакеты - новые подходы в изучении и расчетах процессов термодинамики / А. А. Александров, К. А. Орлов, В. Ф. Очков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2005. – № 11-12. – С. 80-86. – EDN KJUSBB.
3. Юденков, В. С. Моделирование с использованием системы MATLAB + Simulink в учебном процессе / В. С. Юденков, О. В. Бугай // Труды БГТУ. Серия 4: Принт- и медиатехнологии. – 2021. – № 1(243). – С. 5-11. – EDN CVDLQL.
4. Солодов, А. П. Дифференциальная модель пузырькового кипения / А. П. Солодов // Теплофизика высоких температур. – 2007. – Т. 45, № 2. – С. 226-234. – EDN HZUMKP.

5. Расчет и моделирование системы трубопроводов в пакете MATLAB simulink simscape / Л. В. Поносова, Д. Н. Черемных, А. А. Каверин, Е. В. Ташлыкова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-7. – С. 1507-1511. – EDN SZUHFI.

6. Солодов, А. П. Моделирование контактной конденсации / А. П. Солодов, М. С. Горпиняк // Труды Шестой Российской национальной конференции по теплообмену, Москва, 27–31 октября 2014 года. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2014. – С. 760-763. – EDN VDJAAP.

7. Солодов, А. П. Дифференциальная модель тепломассообменника / А. П. Солодов // Тепловые процессы в технике. – 2010. – Т. 2, № 8. – С. 364-370. – EDN MUJORN.

8. Рысбек, М. Б. Моделирование в MATLAB тепловых и электрических процессов в технологической схеме паровой турбины / М. Б. Рысбек, А. Б. Степанов // 72-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио : Труды конференции, Санкт-Петербург, 20–28 апреля 2017 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина), 2017. – С. 47-48. – EDN ZONWKZ.

9. Савкина Д.И., Гостева Л.О., Погребиский М.Я. Опыт применения отечественной среды имитационного моделирования SimInTech в учебном процессе кафедры автоматизированного электропривода НИУ «МЭИ»/ Материалы III Всероссийской научно-методической конференции. Москва, 2023. с.76-79.

10. Никоноров, А. Н. Моделирование теплоэнергетических объектов управления в программном комплексе SimInTech / А. Н. Никоноров, А. В. Коровкин, Р. А. Шитов // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения) : материалы международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции, Иваново, 29–31 мая 2019 года. Том II. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2019. – С. 12-15. – EDN JZSSPA.

11. Манакина М.О, Муравьев И.К. Моделирование паровой турбины К-300-240 в среде SimInTech/ Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием. Тольятти, 2023, с.80-88.

12. Корзникова, К. Н. Опыт применения сред Engae и SIMINTECH для моделирования переходных процессов в электрических цепях / К. Н. Корзникова, В. А. Труфанова // Актуальные вопросы инновационного развития Арктического региона РФ : Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции, Северодвинск, 18–30 ноября 2024 года. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2025. – С. 497-501. – EDN TWLYNX.

13. Вайтеленок, Л. В. Иммитационное моделирование релейной защиты в среде SIMINTECH / Л. В. Вайтеленок // Энергетика, информатика, инновации - 2021 : Сборник трудов XI Международной научно-технической конференции, Смоленск, 28–29 октября 2021 года. Том 1. – Смоленск: Универсум; филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2021. – С. 83-88. – EDN DAGSDT.

14. Моделирование системы ориентации панели солнечной батареи на базе нечеткой логики в среде визуального моделирования SimInTech / А. В. Чубарь, В. В. Устименко, Л. А. Михайленко [и др.] // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2021. – Т. 22, № 1. – С. 47-60. – DOI 10.31772/2712-8970-2021-22-1-47-60. – EDN GRMJNR.

15. Башкиров, Г. А. Имитационное моделирование проектных решений АЭС в среде динамического моделирования технических систем SIMINTECH / Г. А. Башкиров, А. Д. Данилов // Интеллектуальные информационные системы : Труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 01–02 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2025. – С. 45-50.

16. Ларькина, Т. С. К вопросу разработки роботизированных систем для оптимизации и ускорения проверки сложных металлических конструкций / Т. С. Ларькина, П. В. Казаков, Д. Ю. Студнев // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2025. – № 1(86). – С. 52-61. – DOI 10.24412/2077-8481-2025-1-52-61. – EDN NORSOR.

17. Мацко, К. О. Применение среды моделирования SIMINTECH при подготовке инженерных кадров в энергетике / К. О. Мацко, А. Д. Моисеева // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов, Москва, 12–13 марта 2020 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Центр полиграфических услуг " РАДУГА", 2020. – С. 190. – EDN XNLSJC.

18. Бородай, И. Ю. Использование среды динамического моделирования SimInTech при моделировании / И. Ю. Бородай // Гагаринские чтения - 2018 : Сборник тезисов докладов XLIV Международной молодежной научной конференции, Москва-Ахтубинск-Байконур, 17–20 апреля 2018 года. Том 1. – Москва-Ахтубинск-Байконур: Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2018. – С. 306. – EDN ORNEVF.

Авторы публикации

Очков Валерий Федорович – д-р. техн. наук, профессор Национального Исследовательского университета «МЭИ», <https://orcid.org/0000-0003-1820-2527>, Email: OchkovVF@mpei.ru.

Ахметова Ирина Гареевна – д-р. техн. наук, профессор Казанского государственного энергетического университета, <https://orcid.org/0000-0002-7082-2005>.

Егорова Наталья Владимировна – канд. техн. наук, доцент Национального Исследовательского университета «МЭИ». Email: YegorovaNatV@mpei.ru.

Абрамова Дарья Александровна – ассистент Национального Исследовательского университета «МЭИ». Email: AbramovaDA@mpei.ru.

Шацких Юлия Владимировна – канд. техн. Наук, доцент, доцент Национального Исследовательского университета «МЭИ». Email: ShatskikhYV@mpei.ru.

References

1. The simulation environment official website SimInTech URL <https://simintech.ru>.
2. Alexandrov, A. A. Mathematical Packages - New Approaches in the Study and Calculation of Thermodynamics Processes / A. A. Alexandrov, K. A. Orlov, and V. F. Ochkov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Problemy Energetiki. – 2005. – No. 11-12. – Pp. 80-86. – EDN KJUSBB.
3. Yudenkov, V. S. Modeling using the MATLAB + Simulink system in the educational process / V. S. Yudenkov, O. V. Bugai // Proceedings of BSTU. Series 4: Print and Media Technologies. – 2021. – No. 1(243). – Pp. 5-11. – EDN CVDLQL.
4. Solodov, A. P. Bubble Boiling Differential Model / A. P. Solodov // High Temperature Heat Physics. – 2007. – Vol. 45, No. 2. – Pp. 226-234. – EDN HZUMKP.
5. The pipeline system calculation and modeling in the MATLAB simulink Simscape package / L. V. Ponosova, D. N. Cheremnykh, A. A. Kaverin, and E. V. Tashlykova // Fundamental Research. – 2014. – No. 11-7. – Pp. 1507-1511. – EDN SZUHFJ.
6. Solodov, A. P. Contact Condensation modeling/ A. P. Solodov, M. S. Gorpinyak // Proceedings of the Sixth Russian National Conference on Heat Exchange, Moscow, October 27–31, 2014. – Moscow: MEI Publishing House, 2014. – Pp. 760-763. – EDN VDJAVP.
7. Solodov, A. P. The heat and mass exchanger differential model / A. P. Solodov // Thermal processes in engineering. – 2010. – Vol. 2, No. 8. – Pp. 364-370. – EDN MUJORH.
8. Rysbek, M. B. Thermal and Electrical Processes Modeling in a Steam Turbine Process Flow Diagram in MATLAB / M. B. Rysbek, A. B. Stepanov // 72nd All-Russian Scientific and Technical Conference Dedicated to Radio Day: Proceedings of the Conference, St. Petersburg, April 20–28, 2017. – St. Petersburg: St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), 2017. – Pp. 47-48. – EDN ZONWKZ.
9. Savkina D.I., Gosteva L.O., Pogrebissky M.Ya. Experience in using the domestic simulation environment SimInTech in the educational process of the Department of Automated Electric Drive at the National Research University "MPEI"/ Materials of the III All-Russian Scientific and Methodological Conference. Moscow, 2023. pp. 76-79.
10. Nikonorov, A. N. Thermal Power Plants modeling in the SimInTech Software Package / A. N. Nikonorov, A. V. Korovkin, and R. A. Shitov // State and Prospects of Development of Electrical and Thermal Engineering (Benardos Readings) : Proceedings of the International (XX All-Russian) Scientific and Technical Conference, Ivanovo, May 29–31, 2019. Volume II. – Ivanovo: Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin, 2019. – Pp. 12-15. – EDN JZSSPA.
11. Manakina M.O., Muravyov I.K. Modeling of the K-300-240 Steam Turbine in the SimInTech Environment/ Materials of the VI All-Russian Scientific Conference with International Participation. Tolyatti, 2023, pp. 80-88.

12. Korznikova, K. N. Experience in using Engage and SIMINTECH environments for modeling transient processes in electrical circuits / K. N. Korznikova, V. A. Trufanova // Current Issues of Innovative Development in the Arctic Region of the Russian Federation : Collection of Articles from the VI All-Russian Scientific and Practical Conference, Severodvinsk, November 18–30, 2024. – Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2025. – Pp. 497-501. – EDN TWLYNX.

13. Vaytelenok, L. V. Relay Protection Simulation Modeling in the SIMINTECH Environment / L. V. Vaytelenok // Energetika, Informatika, Innovatsii - 2021 : Collection of Papers of the XI International Scientific and Technical Conference, Smolensk, October 28-29, 2021. Volume 1. – Smolensk: Universum; Branch of the National University of Electronic Technology in Smolensk, 2021. – Pp. 83-88. – EDN DAGSDT.

14. The solar panel orientation system modeling based on fuzzy logic in the SimInTech visual modeling environment / A.V. Chubar, V. V. Ustimenko, L. A. Mikhailenko [et al.] // Siberian Aerospace Journal. – 2021. – Vol. 22, No. 1. – pp. 47-60. – DOI 10.31772/2712-8970-2021-22-1-47-60. – EDN GRMJNR.

15. Bashkirov, G. A. Nuclear Power Plant Design Solutions Simulation Modeling in the SIMINTECH Dynamic Modeling Environment for Technical Systems / G. A. Bashkirov, A. D. Danilov // Intelligent Information Systems: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 01–02, 2025. – Voronezh: Voronezh State Technical University, 2025. – Pp. 45-50.

16. Larkina, T. S. On the Robotic Systems Development for Optimizing and Accelerating the Inspection of Complex Metal Structures / T. S. Larkina, P. V. Kazakov, and D. Yu. Studnev // Bulletin of the Belarusian-Russian University. – 2025. – No. 1(86). – Pp. 52-61. – DOI 10.24412/2077-8481-2025-1-52-61. – EDN NORSOR.

17. Matsko, K. O. The SIMINTECH modeling environment application in the training of engineering personnel in the power industry / K. O. Matsko, A. D. Moiseeva // Radioelectronics, Electrical Engineering, and Power Engineering: Abstracts of Papers, Moscow, March 12–13, 2020. – Moscow: RADUGA Center for Printing Services LLC, 2020. – P. 190. – EDN XNLSJC.

18. Borodai, I. Yu. Using the SimInTech Dynamic Modeling Environment in Modeling / I. Yu. Borodai // Gagarin Readings - 2018: Collection of Abstracts of the XLIV International Youth Scientific Conference, Moscow-Akhtubinsk-Baikonur, April 17-20, 2018. Volume 1. – Moscow-Akhtubinsk-Baikonur: Moscow Aviation Institute (National Research University), 2018. – P. 306. – EDN ORNEVF.

Authors of the publication

Valery F. Ochkov – National Research University «MPEI», Moscow, Russia.
Email: OchkovVF@mpei.ru.

Irina G. Akhmetova – Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.

Natalia V. Yegorova – National Research University «MPEI», Moscow, Russia.
Email: YegorovaNatV@mpei.ru.

Daria A. Abramova – National Research University «MPEI», Moscow, Russia.
Email: AbramovaDA@mpei.ru.

Yulia V. Shatskikh – National Research University «MPEI», Moscow, Russia.
Email: ShatskikhYV@mpei.ru.

Шифр научной специальности: 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника

Получено 22.10.2025 г.

Отредактировано 28.11.2025 г.

Принято 24.12.2025 г.