

Имитационное моделирование как инструмент анализа энергоэффективности теплогенерирующих предприятий

Н.А.Страхова, П.А. Лебединский

Математическое описание имитационной модели теплогенерирующего источника (рис.1) выполнено на основе пакета структурного моделирования iThink Analyst v 9.1.3 фирмы «HighPerformanceSystems, Inc.». Использование методов имитационного моделирования позволило создать многоуровневую модель функционирования энергогенерирующего источника (котельной) и сопутствующей ему инфраструктуры (теплотрасс), описываемой совокупностью оценочных параметров [1,2]. Модель включает пять взаимосвязанных блоков, четыре из которых отражают показатели генерирующего источника, ресурсные показатели в блоке GeneratorResourcesindicators; производственно-технические индикаторы в блоке GeneratorTechnicalindicators; экономические индикаторы в блоке GeneratorEconomicalindicators и основной блок GeneratorTechnicalCycle, в котором находится концептуальная часть модели.

Основным блоком в модели является «GeneratorTecnicalCycle». Он описывает производство тепловой энергии и транспорт тепла до потребителей (рис.2).

Поток «ProductionFlow» отражает производство тепловой энергии, аккумулирующейся в накопителе, обозначенном на рисунке 2 как «ProductionStorage». Блок содержит параметры, отражающие ресурсы, необходимые для производства тепловой энергии: техническую воду «WaterAbs», топливо «FuelAbs», электричество «ElectricityAbs», также в данном блоке

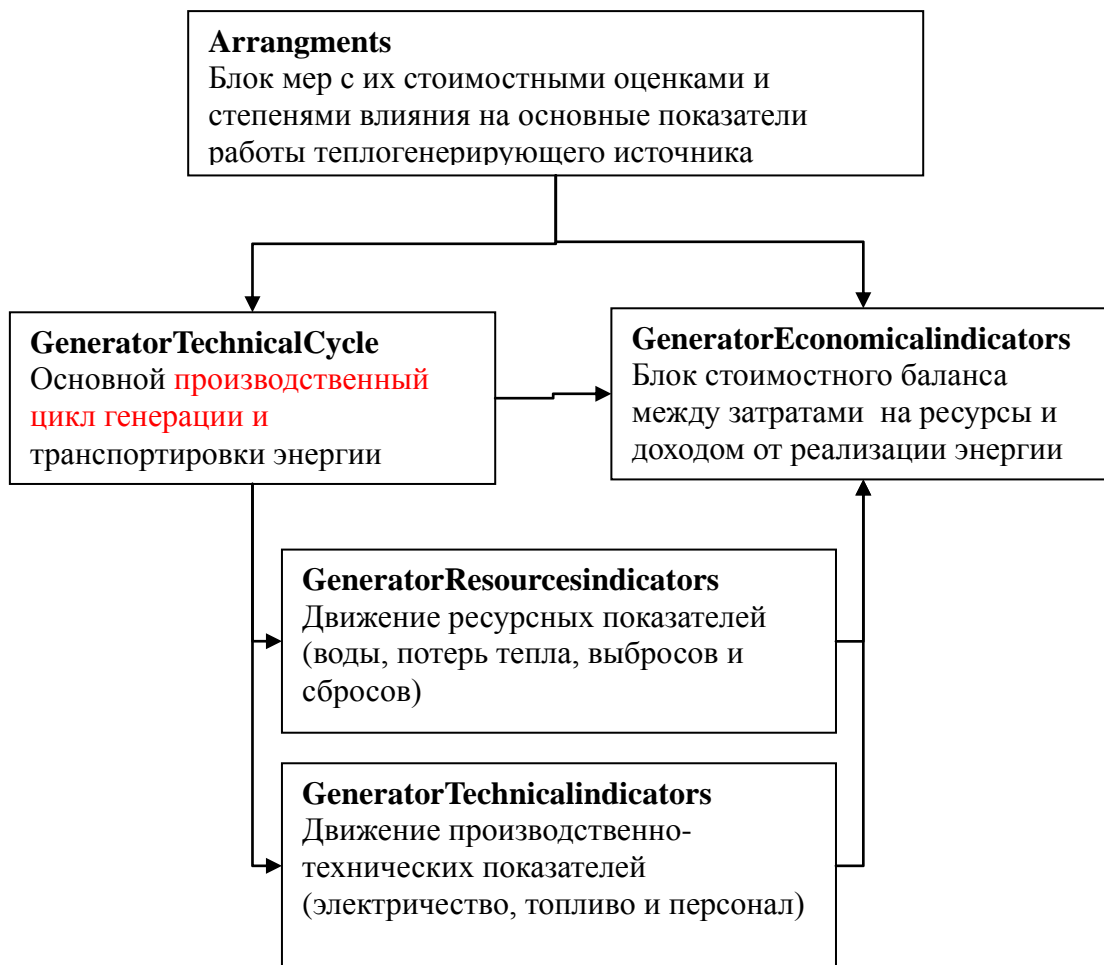


Рисунок 1 — Схема имитационной модели теплогенерирующего источника

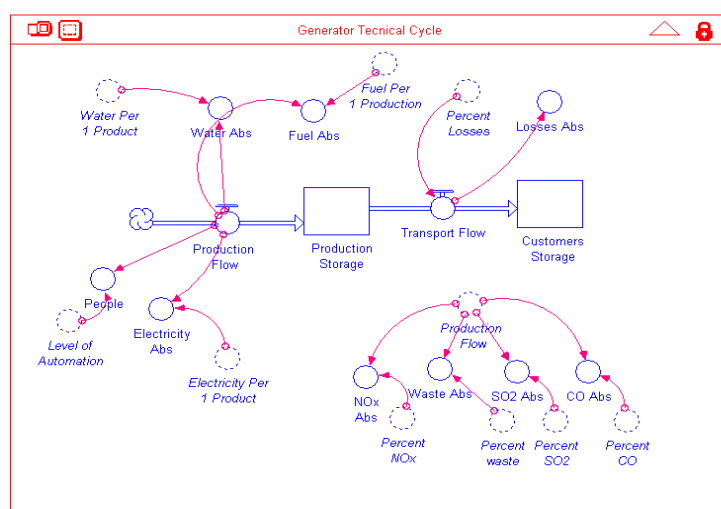


Рисунок 2 — Блок генерации и транспортировки теплоэнергии «GeneratorTechnicalCycle»

присутствует показатель описывающий численность штата сотрудников, необходимого для функционирования теплового источника «People». [3]

Расход топлива фактический «FuelAbs», кг (м³), на выработку тепловой энергии определяется как произведение удельной величины расхода топлива на выработку одной Гкал «FuelPer 1 Production» на выработанную, за этот же период времени, тепловую энергию «ProductionFlow»:

$$\text{«FuelAbs»} = \text{«FuelPer 1 Production»} \cdot \text{«ProductionFlow»} \quad (2)$$

Основные коэффициенты перевода, K_T, топлива фактического в условное принимаются по методике[1]. Фактический расход топлива в составит:

$$V_{уд}^y = V_{уд}^T * K_T, \text{ кг у.т./Гкал} \quad (3)$$

Нами принята следующая шкала энергоэффективности (таблица 3) применительно к показателям использования топлива K_{эф}^T, электроэнергии K_{эф}^э, воды K_{с.н.}.

Таблица 3 - Шкала энергоэффективности показателя использования топлива (предварительная)

Величина показателя, K _{эф}	Показатели энергоэффективности
1,04-0,95	Хорошо
1,05-1,10	Удовлетворительно
1,11-1,25	Неудовлетворительно
Более 1,26	Плохо

Расход израсходованной электроэнергии «ElectricityAbs», кВтч, определяется как произведение тепловой энергии «ProductionFlow» и удельной величины расхода электроэнергии на выработку одной Гкал «ElectricityPer 1 Product»:

$$\text{«Electricity Abs»} = \text{«Electricity Per 1 Product»} \cdot \text{«Production Flow»}. \quad (4)$$

Расход воды фактический на выработку тепловой энергии «WaterAbs», м³/ч, определяется как произведение тепловой энергии «ProductionFlow» и удельной величины расхода воды на выработку одной Гкал «WaterPer 1 Product»:

$$\langle \text{Water Abs} \rangle = \langle \text{Water Per 1 Product} \rangle \cdot \langle \text{ProductionFlow} \rangle \quad (5)$$

Количество штатных единиц «People», чел., определяется как произведение тепловой энергии «ProductionFlow» и удельной величины автоматизации производства на выработку одной Гкал «LevelofAutomation»:

$$\langle \text{People} \rangle = \langle \text{LevelofAutomation} \rangle \cdot \langle \text{ProductionFlow} \rangle. \quad (6)$$

Показатель «LevelofAutomation» определяется из нормативных документов на оборудование, установленном на теплогенерирующем источнике, в количестве достаточном для его обслуживания с учетом степени автоматизации производства тепла.

Производство тепловой энергии сопряжено с выбросами в атмосферу и обозначается как «EmissionsAbs», мг/м³ (кг). Они равны произведению выработанной тепловой энергии за тепловой период «ProductionFlow» на удельную величину выбросов «PercentEmissions»:

$$\langle \text{Emissions Abs} \rangle = \langle \text{Percent Emissions} \rangle \cdot \langle \text{ProductionFlow} \rangle \quad (7)$$

Этап транспортировки характеризуется показателем потерь «LossesAbs», Гкал/ч, рассчитываемым как произведение объема поставляемого тепла «TransportFlow» на средний процент потерь по инфраструктуре «PercentLosses».

$$\langle \text{LossesAbs} \rangle = \langle \text{PercentLosses} \rangle \cdot \langle \text{TransportFlow} \rangle \quad (8)$$

Использование описанной модели теплогенерирующего источника на практике позволяет: определять эффективность работы теплогенерирующего источника, в сравнении с нормативными; оценить потенциал энергоэффективности работы объекта; оценить потребности теплогенерирующего источника в топливе, электрической энергии, воде.

Список литературы:

1. МДК 4-05.2004 «Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения». - М: Госстрой России, 2003.- 47 с.

2. Аракелов В.Е. Кремер А.И. Методические вопросы экономии энергоресурсов. - М., Энергоатомиздат, 1990 -192с.
3. Страхова Н.А., Лебединский П.А. Концепция и структура имитационной модели оценки энергоэффективности при генерации тепла // Наукоедение, 2013, № 3, [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/66bergsu313.pdf>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.
4. Федеральная целевая программа «Энергоэффективная экономика» на 2002 - 2005 гг. и на перспективу до 2010 г. за 2002-2006г.г.» [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_12054.html(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.
5. H.James Harrington, Simulation Modeling Methods.- London, 2000.- 189 p.
6. Табунщиков Ю.А. Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. - М.: НП АВОК, 2002.-194 с.
7. MaríaJesús Muñoz-Torres, Raúl León, Modeling and Simulation in Engineering, Economics, and Management, Castellón de la Plana,2013.- 143 p.
8. С.Н.Новоселов,А.Б.Каппушев.Механизм государственного регулирования региональных рынков [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №3. – Режим доступа:<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1798> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.
9. М.Л. Самсонова. Учет экологических факторов при разработке инновационного бизнес-плана [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 2). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1424>

(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

- 10.Н.А. Страхова, П.А. Лебединский «Анализ энергетической эффективности экономики России» //Инженерный вестник Дона, 2012, № 3, [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/999>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.