

**ЦЫЦАРЕВА Е. И., ЛЫСЯКОВ А. И.**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ФАКТИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЕ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены методики определения теплопотерь в закрытых сетях теплоснабжения и проблемы их использования. Осуществлена проверка адекватности их применения. Предложена методика прогнозирования фактических теплопотерь, графическая модель процесса прогнозирования и позволяющая упростить расчеты электронная таблица, в соответствии с которыми получен прогноз теплопотерь для исследуемой системы на 2014 г.

**Ключевые слова:** теплопотеря, методики определения теплопотерь, процесс прогнозирования, IDEF0.

**TSYTSAREVA E. I., LYSYAKOV A. I.**

**MODELING AND IMPROVING OF PREDICTION OF ACTUAL THERMAL  
LOSSES IN CLOSED HEATING NETWORK**

**Abstract.** The article considers the techniques to identify thermal losses in closed heating networks and problems of their use. The authors check adequacy of the techniques' application. In this connection, the study suggests a forecasting technique of the actual thermal losses, a graphic model of the prediction process, and a spreadsheet to simplify the calculations. Consequently, a forecast of the thermal losses of the studied system in 2014 is presented.

**Keywords:** thermal loss, techniques of thermal loss identification, prediction process, IDEF0.

Тепловые потери в системе централизованного теплоснабжения складываются из следующих составляющих: потери тепла в оборудовании котельной; потери тепловой энергии по длине теплотрасс; потери тепловой энергии, связанные с правильностью распределения тепла между объектами-потребителями; периодически возникающие во время аварийных и нештатных ситуаций утечки теплоносителя.

Величина потерь тепловой энергии является одним из важнейших показателей функционирования системы централизованного теплоснабжения, необходимость прогнозирования которых обусловлена целесообразностью выявления потенциала и величины возможного снижения теплопотерь, что в конечном итоге ведет к снижению затрат энергоснабжающей организации.

Наиболее распространенные методики определения фактических тепловых потерь в системах централизованного теплоснабжения и проблемы их использования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Проблемность методик определения фактических тепловых потерь

Методика	Возможные проблемы
1. РД 34.09.255-97 «Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях» [1]	Проведение тепловых испытаний сети, подразумевающих отключение некоторых потребителей и значительные потери теплоносителя.
2. СП 41-103-2000 «Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов» [2]	Сложность в расчетах и определении исходных данных.
3. Методика расчета фактических тепловых потерь в трубопроводе [3]	Неопределенность периода расчета фактических тепловых потерь и исходных данных.
4. Методика определения фактических тепловых потерь через теплоизоляцию в сетях централизованного теплоснабжения [4]	Необходимость либо установки счетчика на источнике, либо определения по режимной карте через КПД котла средней температуры и расхода сетевой воды, по которой котлы зачастую работают лишь с большим приближением.
5. Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения [5]	

Необходимо отметить, что выбор к использованию определенной методики обуславливается адаптированностью к конкретной системе теплоснабжения, что подразумевает возможность получения и обработки необходимых данных и компетенцию персонала. Предпочтение необходимо отдавать методикам, осуществляющим качественное прогнозирование в совокупности с низкими финансовыми и временными затратами.

Проверка адекватности применения представленных методик осуществлялась посредством нахождения прогнозного значения тепловых потерь на 2012 г. в системе централизованного теплоснабжения от котельной кв. 10-11 по ул. О. Кошевого (ОАО «СаранскТеплоТранс») и сравнения с фактическим значением. Результатом явилось определение нецелесообразности их использования, обусловленной, во-первых, высокими процентами несовпадения прогноза с фактом (приемлемым значением является прогноз с точностью до 5%), а, во-вторых, с трудностью сбора необходимых данных.

Прогнозирование фактических тепловых потерь может осуществляться в соответствии с методикой, основанной на определении среднеарифметического прогнозных значений, найденных как средние потери за определенный период времени с использованием метода пропорций и факторов, высоко коррелирующих с теплопотерями.

Предлагаемая методика включает в себя следующие этапы:

- определение значений тепловых потерь для исследуемой системы теплоснабжения за выбранный период времени;
- определение факторов, оказывающих наибольшее влияние на значение тепловых потерь;
- определение прогнозных значений тепловых потерь с учетом всех выбранных факторов и периодов на основе метода пропорций;
- определение среднего арифметического прогнозных теплопотерь в рамках факторов и совокупного среднего арифметического.

Результат моделирования процесса прогнозирования фактических теплопотерь явилась точная, достаточная, лаконичная, удобная для восприятия и анализа модель процесса. Для моделирования процесса использовалось графическое описание на основе методологии IDEF0. Результат представлен на рисунках 1 и 2.

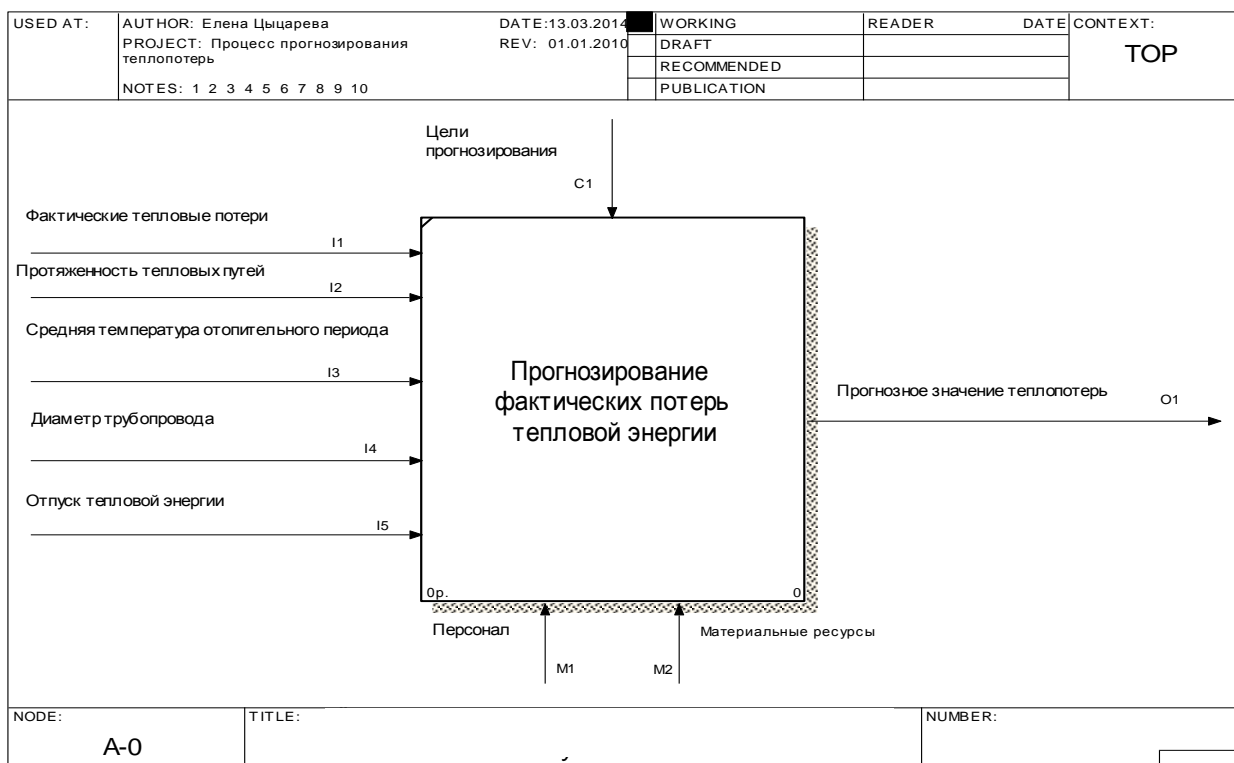


Рис. 1 «Родительская диаграмма» процесса прогнозирования фактических потерь тепловой энергии

IDEF0 – методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания процессов. Отличительной особенностью

IDEF0 является ее акцент на соподчиненность объектов и логические отношения между работами. Метод адаптирован к задачам автоматизации процесса.

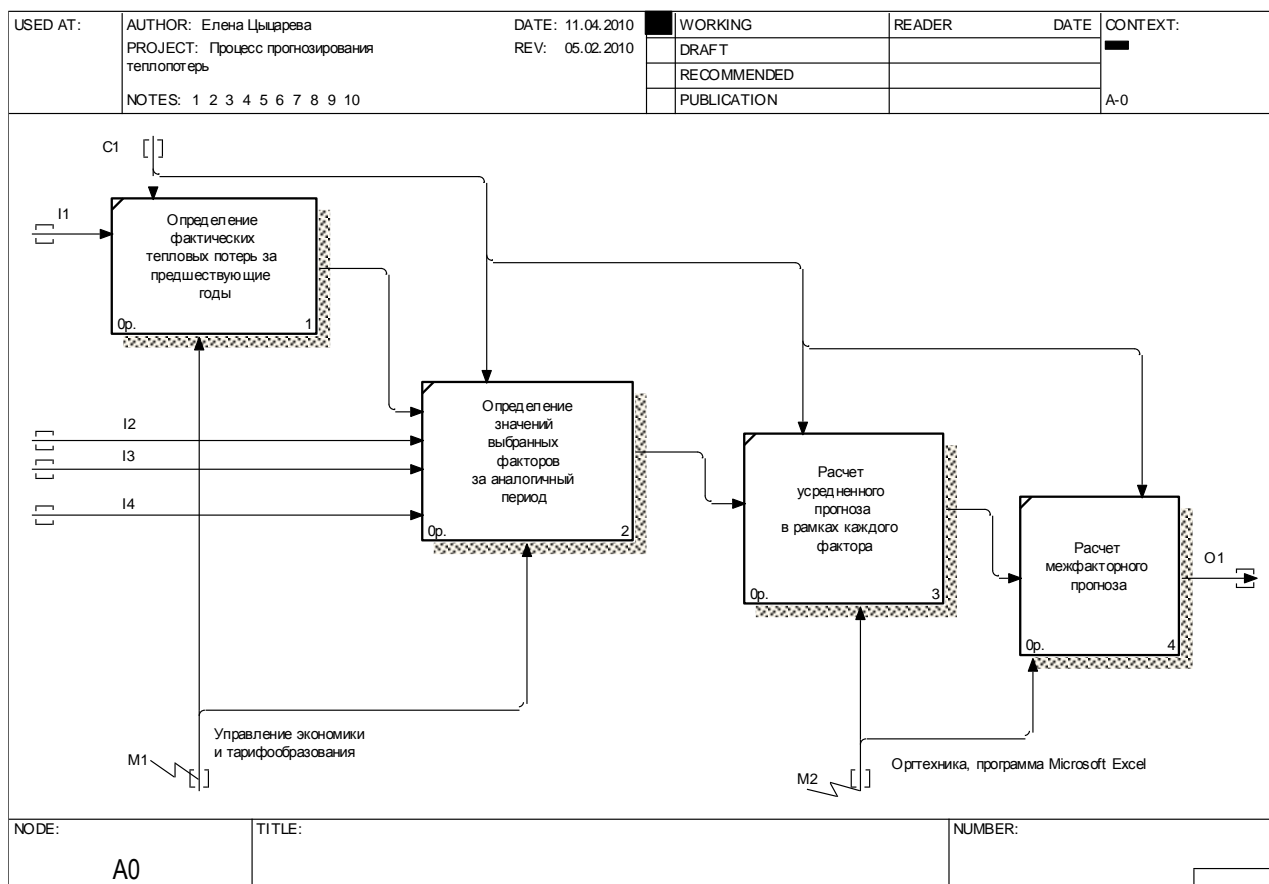


Рис. 2 Процесс прогнозирования фактических тепловых потерь.

Апробирование методики прогнозирования фактических тепловых потерь осуществлялось посредством расчета прогнозного значения для системы централизованного теплоснабжения от котельной кв. 10-11 по ул. О. Кошевого на 2012 и 2013 гг. и сопоставление с фактом. Модуль процента отклонения прогноза от факта тепловых потерь на 2012 и 2013 гг. составил менее 2% [6, с. 81].

Прогноз тепловых потерь для системы централизованного теплоснабжения от котельной кв. 10-11 по ул. О. Кошевого на 2014 г. в зависимости от возможной средней температуры отопительного периода представлен в таблице 2. Диапазон температуры выбран от  $-1$  до  $-6,9$  °C. Выбор именно данного диапазона объясняется нахождением самого высокого значения средней температуры отопительного периода за исследуемые годы и увеличением его на 1 °C и самого низкого и аналогичным его снижением.

Прогноз тепловых потерь в зависимости от средней температуры отопительного периода на 2014 г.

Температура воздуха	Прогноз на 2014 г.	Температура воздуха	Прогноз на 2014 г.
-1	13909,38292	-4	17598,14249
-1,1	14032,34158	-4,1	17721,10114
-1,2	14155,30023	-4,2	17844,05979
-1,3	14278,25888	-4,3	17967,01844
-1,4	14401,21753	-4,4	18089,9771
-1,5	14524,17618	-4,5	18212,93575
-1,6	14647,13484	-4,6	18335,8944
-1,7	14770,09349	-4,7	18458,85305
-1,8	14893,05214	-4,8	18581,8117
-1,9	15016,01079	-4,9	18704,77036
-2	15138,96944	-5	18827,72901
-2,1	15261,9281	-5,1	18950,68766
-2,2	15384,88675	-5,2	19073,64631
-2,3	15507,8454	-5,3	19196,60496
-2,4	15630,80405	-5,4	19319,56362
-2,5	15753,76271	-5,5	19442,52227
-2,6	15876,72136	-5,6	19565,48092
-2,7	15999,68001	-5,7	19688,43957
-2,8	16122,63866	-5,8	19811,39822
-2,9	16245,59731	-5,9	19934,35688
-3	16368,55597	-6	20057,31553
-3,1	16491,51462	-6,1	20180,27418
-3,2	16614,47327	-6,2	20303,23283
-3,4	16860,39057	-6,4	20549,15014
-3,5	16983,34923	-6,5	20672,10879
-3,6	17106,30788	-6,6	20795,06744
-3,7	17229,26653	-6,7	20918,02609
-3,8	17352,22518	-6,8	21040,98475
-3,9	17475,18383	-6,9	21163,9434

В целях улучшения процесса прогнозирования посредством упрощения расчетов по составлению прогноза была разработана электронная таблица в программе Microsoft Excel. Пример расчета прогнозного значения теплотерь для системы теплоснабжения от котельной кв. 10-11 по ул. О. Кошевого на 2014 г. с использованием данной таблицы представлен на рисунке 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Исходные данные				Расчеты			
2	Показатель	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	Прогноз 2014
3	Потери тепловой энергии, Гкал	18298,8	18624	15430,2					
4	Отпуск тепловой энергии, Гкал	55428	52245	49194	47097	15548,43371	16788,87028	14772,45456	15703,25285
5	Диаметр трубопровода, м	0,122	0,122	0,122	0,122	18298,8	18624	15430,2	17451
6	Средняя температура отопительного периода, °С	-4,7	-5,3	-2,1	-3,7	14405,4383	13001,66038	27186,54286	18197,88051
7	Протяженность тепловой сети, м	14247,2	14233,2	14247,2	14335,2	18411,82532	18757,46598	15525,50698	17564,93276
8		Среднее значение без учета температуры				17419,68634	18056,77876	15242,72051	16906,3952
9						Итоговое значение теплотеперь			17229,26653

Рис. 3 Пример расчета фактических тепловых потерь с использованием электронной таблицы в программе Microsoft Excel.

Таким образом, существующие в настоящее время методики определения фактических тепловых потерь в закрытых системах теплоснабжения не позволяют осуществлять качественное прогнозирование. Предлагаемая методика позволит увеличить точность прогноза, а графическая модель процесса прогнозирования обеспечит регламентацию деятельности персонала в данной сфере.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РД 34.09.255-97. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=136](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=136). – Загл. с экрана.
2. Свод правил по проектированию и строительству СП 41-103-2000 «Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов» (одобрен постановлением Госстроя РФ от 16 августа 2000 г. N 81). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stscom.ru/gost/06.pdf>. – Загл. с экрана.
3. Методика расчета фактических теплотеперь в трубопроводе. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=396](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=396). – Загл. с экрана.
4. 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. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://stroyoffis.ru/mdk\\_metodicesk/mdk\\_4\\_05\\_2004/mdk\\_4\\_05\\_2004.php](http://stroyoffis.ru/mdk_metodicesk/mdk_4_05_2004/mdk_4_05_2004.php). – Загл. с экрана.
5. Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/45/45855/index.php](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/45/45855/index.php). – Загл. с экрана.
6. Цыцарева Е. И., Мельникова М. Б., Чарышкин В. В. Прогнозирование фактических тепловых потерь в закрытой системе теплоснабжения // Тенденции развития технических наук: сб. ст. Междунар. научно-практич. конф. – Уфа: Аэтерна, 2014. – С. 79-82.