

Акционерное общество



Государственный заказчик: Департамент жилищно-коммунального хозяйства города Москвы

Государственный контракт от 20.04.2018 № 87-ДЖКХ/18

**Актуализация Схемы теплоснабжения города Москвы  
на период до 2032 года**

Этап 1 - Актуализация существующего положения в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. Формирование актуальных прогнозов перспективного потребления тепловой и электрической энергии

Том 1

Книга 1.6

Надежность теплоснабжения. Описание существующих технических и технологических проблем в системах теплоснабжения

Москва 2018

**Актуализация Схемы теплоснабжения города Москвы  
на период до 2032 года**

**СОСТАВ**

№ п/п	№ тома, книги	Наименование	Пункты, разделы, главы, части постановления Правительства РФ от 22.02.2012 № 154		
			№ пункта	глава / раздел	часть
	<b>Том 1</b>	<b>Этап 1 - Актуализация существующего положения в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. Формирование актуальных прогнозов перспективного потребления тепловой и электрической энергии</b>	<b>Пункты 19-37</b>	<b>Главы 1 и 2</b>	
1	Книга 1.1	Функциональная структура теплоснабжения. Источники тепловой энергии. Топливные балансы источников тепловой энергии и система обеспечения топливом	п.п. 20-23, п. 32	глава 1	часть 1, часть 2, часть 8
2	Книга 1.1 Приложение А	Источники тепловой энергии ПАО «Мосэнерго»	п. 22, п. 23	глава 1	часть 2
3	Книга 1.1 Приложение Б	Источники тепловой энергии ПАО «МОЭК»	п. 22, п. 23	глава 1	часть 2
4	Книга 1.1 Приложение В	Источники тепловой энергии ООО «ТСК Мосэнерго» и ООО «ТСК Новая Москва»	п. 22, п. 23	глава 1	часть 2
5	Книга 1.1 Приложение Г	Источники тепловой энергии других организаций	п. 22, п. 23	глава 1	часть 2
6	Книга 1.2	Тепловые сети, сооружения на них и тепловые пункты	п. 24, п. 25	глава 1	часть 3
7	Книга 1.2 Приложение А	Схемы тепловых сетей от источников ПАО «Мосэнерго»	п. 24	глава 1	часть 3
8	Книга 1.2 Приложение Б	Схемы тепловых сетей от источников ПАО «МОЭК»	п. 24	глава 1	часть 3

№ п/п	№ тома, книги	Наименование	Пункты, разделы, главы, части постановления Правительства РФ от 22.02.2012 № 154		
			№ пункта	глава / раздел	часть
9	Книга 1.2 Приложение В	Схемы тепловых сетей от источников ООО «ТСК Мосэнерго», ООО «ТСК Новая Москва» и от источников других организаций	п. 24	глава 1	часть 3
10	Книга 1.2 Приложение Г Часть 1	Параметры тепловых сетей от ТЭЦ ПАО «Мосэнерго»	п. 24	глава 1	часть 3
11	Книга 1.2 Приложение Г Часть 2	Параметры тепловых сетей от ТЭЦ ПАО «Мосэнерго»	п. 24	глава 1	часть 3
12	Книга 1.2 Приложение Г Часть 3	Параметры тепловых сетей от ТЭЦ ПАО «Мосэнерго»	п. 24	глава 1	часть 3
13	Книга 1.2 Приложение Г Часть 4	Параметры тепловых сетей от ТЭЦ ПАО «Мосэнерго»	п. 24	глава 1	часть 3
14	Книга 1.2 Приложение Д	Параметры тепловых сетей от источников ПАО «Мосэнерго» и ПАО «МОЭК»	п. 24	глава 1	часть 3
15	Книга 1.2 Приложение Е	Параметры тепловых сетей от источников ООО «ТСК Мосэнерго», ООО «ТСК Новая Москва» и от источников других организаций	п. 24	глава 1	часть 3
16	Книга 1.2 Приложение Ж Часть 1	Пьезометрические графики тепловых сетей от источников ПАО «Мосэнерго»	п. 24	глава 1	часть 3
17	Книга 1.2 Приложение Ж Часть 2	Пьезометрические графики тепловых сетей от источников ПАО «Мосэнерго»	п. 24	глава 1	часть 3
18	Книга 1.2 Приложение И	Пьезометрические графики тепловых сетей от источников ПАО «МОЭК»	п. 24	глава 1	часть 3
19	Книга 1.2 Приложение К	Пьезометрические графики тепловых сетей от источников ООО «ТСК Мосэнерго», ООО «ТСК Новая Москва» и от источников других организаций	п. 24	глава 1	часть 3

№ п/п	№ тома, книги	Наименование	Пункты, разделы, главы, части постановления Правительства РФ от 22.02.2012 № 154		
			№ пункта	глава / раздел	часть
20	Книга 1.2 Приложение Л	Сведения о повреждениях на тепловых сетях	п. 24	глава 1	часть 3
21	Книга 1.2 Приложение М	Коммерческие приборы учета тепловой энергии	п. 24	глава 1	часть 3
22	Книга 1.3	Тепловые нагрузки потребителей тепловой энергии, групп потребителей тепловой энергии в зонах действия источников тепловой энергии	п. 27, п. 28	глава 1	часть 5
23	Книга 1.4	Зоны действия источников тепловой энергии. Балансы тепловой мощности и тепловой нагрузки в зонах действия источников тепловой энергии	п. 26, п. 29, п. 30	глава 1	части 4, 6
24	Книга 1.4 Приложение А	Результаты расчета радиуса эффективного теплоснабжения	п. 26	глава 1	часть 4
25	Книга 1.5	Балансы теплоносителя	п. 31	глава 1	часть 7
26	Книга 1.6	Надежность теплоснабжения. Описание существующих технических и технологических проблем в системах теплоснабжения	п. 33, п.36	глава 1	части 9, 12
27	Книга 1.7	Технико-экономические показатели теплоснабжающих и теплосетевых организаций. Цены (тарифы) в сфере теплоснабжения	п. 34, п. 35	глава 1	части 10, 11
28	Книга 1.8	Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения	п. 37	глава 2	-
	<b>Том 2</b>	<b>Этап 2 - Актуализация перспективного развития систем теплоснабжения города Москвы до 2032 г. и прогнозный период до 2033 г. с выделением 2021 и 2026 гг.</b>	<b>Пункты 38-47 и 22</b>	<b>Главы 3 - 9</b>	

№ п/п	№ тома, книги	Наименование	Пункты, разделы, главы, части постановления Правительства РФ от 22.02.2012 № 154		
			№ пункта	глава / раздел	часть
29	Книга 2.1	Актуализация решений Схемы теплоснабжения города Москвы. Мастер-план. Разработка электронной модели системы теплоснабжения города Москвы	п. 22, п. 38	глава 3	-
30	Книга 2.2	Перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии, тепловой нагрузки с учетом формирования новых зон действия	п. 39	глава 4	-
31	Книга 2.2 Приложение А Часть 1	Результаты гидравлического расчета тепловых сетей	п. 39	глава 4	-
32	Книга 2.2 Приложение А Часть 2	Результаты гидравлического расчета тепловых сетей	п. 39	глава 4	-
33	Книга 2.3	Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению источников тепловой энергии, перспективные балансы теплоносителя и топлива	п. 40, п. 41, п. 42, п. 44, п. 45	главы 5, 6, 8	-
34	Книга 2.4	Предложения по строительству, реконструкции тепловых сетей и сооружений на них. Оценка нормативного уровня надежности	п. 43, п. 46, п. 47	главы 7, 9	-
35	Книга 2.5	Моделирование возможных аварийных (чрезвычайных) ситуаций на объектах теплоснабжения города Москвы	-	-	-
36	Книга 2.6	Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию и техническое перевооружение системы теплоснабжения. Оценка тарифных последствий и инвестиционных рисков схемных решений	п. 48	глава 10	-
37	Книга 2.7	Актуализация перечня единых теплоснабжающих организаций	п. 49	глава 11	-

№ п/п	№ тома, книги	Наименование	Пункты, разделы, главы, части постановления Правительства РФ от 22.02.2012 № 154		
			№ пункта	глава / раздел	часть
	<b>Том 3</b>	<b>Этап 3 - Формирование утверждаемой части актуализации Схемы теплоснабжения города Москвы до 2032 г. и прогнозный период до 2033 г. с выделением 2021 и 2026 гг.</b>	<b>Пункты 4-17</b>	<b>Разделы 1-10</b>	
38	Книга 3.1	Утверждаемая часть Актуализации Схемы теплоснабжения города Москвы	п.п. 4-17	разделы 1-10	-
39	Книга 3.1 Приложение А	Актуализированные сводные программы развития источников тепловой энергии города Москвы	п.п. 4-17	-	-
40	Книга 3.1 Приложение Б	Снятие замечаний Минэнерго России к предыдущей Схеме теплоснабжения города Москвы	-	-	-

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1 Надежность теплоснабжения .....	12
1.1 Общие положения .....	12
1.2 Показатели уровня надёжности и качества теплоснабжения потребителей .....	13
1.2.1 Показатели надёжности и энергетической эффективности объектов теплоснабжения .....	13
1.2.2 Расчет показателей надёжности теплоснабжения потребителей.....	26
1.3 Анализ аварийных отключений потребителей, технологических нарушений и времени восстановления теплоснабжения .....	31
1.3.1 Анализ технологических нарушений тепловых сетей ПАО «МОЭК».....	31
1.3.2 Анализ технологических нарушений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» .....	37
1.3.3 Анализ технологических нарушений тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» ...	40
1.3.4 Анализ времени восстановления тепловых сетей после технологических нарушений	43
1.4 Интенсивность повреждений тепловых сетей.....	44
2 Описание существующих технических и технологических проблем в системах теплоснабжения .....	51
2.1 Существующие проблемы организации качественного теплоснабжения.....	51
2.2 Существующие проблемы организации надежного и безопасного теплоснабжения города .....	55
2.3 Существующие проблемы развития систем теплоснабжения .....	60
2.4 Существующие проблемы надежного и эффективного снабжения топливом действующих систем теплоснабжения.....	60
2.5 Анализ предписаний надзорных органов об устранении нарушений, влияющих на безопасность и надежность системы теплоснабжения .....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей.....	66
А.1 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ГЭС-1 ПАО «Мосэнерго» .....	66
А.2 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-8 ПАО «Мосэнерго».....	81
А.3 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-9 ПАО «Мосэнерго».....	97

А.4 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-11 ПАО «Мосэнерго».....	106
А.5 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-12 ПАО «Мосэнерго».....	120
А.6 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-16 ПАО «Мосэнерго».....	162
А.7 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-20 ПАО «Мосэнерго».....	180
А.8 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-21 ПАО «Мосэнерго».....	187
А.9 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-22 ПАО «Мосэнерго».....	202
А.10 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-23 ПАО «Мосэнерго».....	223
А.11 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-25 ПАО «Мосэнерго».....	260
А.12 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-26 ПАО «Мосэнерго».....	279
А.13 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-27 ПАО «Мосэнерго».....	290
А.14 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей котельных ПАО «Мосэнерго», ПАО «МОЭК» и ООО «ТСК Мосэнерго».....	295
А.15 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей источников теплоснабжения на территории ТиНАО .....	356
А.16 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей когенерационных источников других организаций.....	367

## ВВЕДЕНИЕ

«Актуализация Схемы теплоснабжения города Москвы на период до 2032 года» (далее - Актуализация Схемы) разработана в соответствии с требованиями постановления Правительства Российской Федерации от 22.02.2012 (ред. от 12.07.2016) № 154.

Работа выполнена АО «МОСГАЗ» в соответствии с техническим заданием к Государственному контракту от 20.04.2018 № 87-ДЖКХ/18.

Государственный Заказчик – Департамент жилищно-коммунального хозяйства города Москвы.

Актуализация Схемы разработана в соответствии со следующими документами:

- Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении»;
- постановление Правительства Российской Федерации от 22.02.2012 (ред. от 12.07.2016) № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения»;
- Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения (приказ Минэнерго России и Минрегиона России от 29.12.2012 № 565/667);
- закон города Москвы от 05.05.2010 (ред. от 27.12.2017) № 17 «О Генеральном плане города Москвы»;
- постановление Правительства Москвы от 27.09.2011 (ред. от 28.03.2017) № 451-ПП «Об утверждении Государственной программы города Москвы «Развитие коммунально-инженерной инфраструктуры и энергосбережение»;
- постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 321 «Об утверждении Государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»;
- постановление Совета Федерации Российской Федерации от 27.12.2011 № 560-СФ «Об утверждении соглашения об изменении границы между субъектами Российской Федерации городом Москвой и Московской областью»;
- приказ Минэнерго России от 20.12.2016 № 1363 «Об утверждении актуализированной схемы теплоснабжения города Москвы на период до 2030 года с учетом развития присоединенных территорий».

При выполнении Актуализации Схемы использовались следующие документы:

- «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-р;
- «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2017 № 1209-р;

- «Схема и программа развития ЕЭС России на 2017-2023 годы», утверждена приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 01.03.2017 № 143;

- «Схема и программа перспективного развития электроэнергетики города Москвы на 2017-2022 годы», утверждена распоряжением Мэра Москвы от 28.04.2017 № 288-РМ;

- «Перечень генерирующих объектов, с использованием которых будет осуществляться поставка мощности по договорам о предоставлении мощности», утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.08.2010 (ред. от 28.11.2017) № 1334-р;

- распоряжение Правительства Москвы от 01.03.2011 № 148-РП «О реализации инвестиционного проекта строительства газотурбинной электростанции «Щербинка» по адресу: Коммунальная зона «Щербинка», район Южное Бутово»;

- распоряжение Правительства Москвы от 12.05.2005 (ред. от 15.02.2017) № 796-РП «Об итогах закрытого конкурса по выбору инвестора на реализацию инвестиционного проекта строительства газотурбинной электростанции ГТЭС «Кожухово»;

- распоряжение Правительства Москвы от 26.04.2005 (ред. от 15.05.2012) № 688-РП «Об итогах закрытого конкурса по выбору инвестора на реализацию инвестиционного проекта строительства газотурбинной электростанции ГТЭС «Терешково»;

- распоряжение Правительства Москвы от 26.04.2005 (ред. от 21.09.2016) № 689-РП «Об итогах закрытого конкурса по выбору инвестора на реализацию инвестиционного проекта строительства газотурбинной электростанции ГТЭС «Молжаниновка».

Целью данной работы является актуализация базового документа города Москвы, определяющего стратегию и единую техническую политику перспективного развития систем теплоснабжения города, позволяющего обеспечить покрытие перспективных тепловых нагрузок наиболее экономичным способом при минимальном воздействии на окружающую среду.

«Актуализация Схемы теплоснабжения города Москвы на период до 2032 года» представлена в 3 этапах (том 1, том 2, том 3), включающих 40 книг:

- Этап 1 - Актуализация существующего положения в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. Формирование актуальных прогнозов перспективного потребления тепловой и электрической энергии;

- Этап 2 - Актуализация перспективного развития систем теплоснабжения города Москвы до 2032 г. и прогнозный период до 2033 г. с выделением 2021 и 2026 гг.;

- Этап 3 - Формирование утверждаемой части актуализации Схемы теплоснабжения города Москвы до 2032 г. и прогнозный период до 2033 г. с выделением 2021 и 2026 гг.

В данной книге (том 1) представлены расчёты надёжности теплоснабжения, описание существующих технических и технологических проблем в системах теплоснабжения города Москвы.

При разработке Актуализации Схемы использованы материалы и исходные данные Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы (ДепЖКХ г. Москвы), Департамента капитального ремонта города Москвы, Департамента развития новых территорий города Москвы (ДепРНТ г. Москвы), Префектуры Троицкого и Новомосковского административных округов города Москвы, Департамента градостроительной политики города Москвы (ДепГП г. Москвы), Москомархитектуры, ГУП «НИИПИ Генплана Москвы», ГБУ «МосгорБТИ», Департамента экономической политики и развития города Москвы, Министерства жилищно-коммунального хозяйства Московской области, Казенного предприятия «Московская энергетическая дирекция» (КП «МЭД»), АО «СО ЕЭС», АО «Институт «Энергосетьпроект», ПАО «Мосэнерго», ПАО «Московская объединенная энергетическая компания» (ПАО «МОЭК»), ООО «ТСК Мосэнерго», ООО «ТСК Новая Москва», ООО «ЭнергоПромИнвест», ООО «Росмикс», ООО «ВТК-инвест», ООО «Межрегионэнергострой», ООО «Ситиэнерго» и других организаций.

## 1 Надежность теплоснабжения

### 1.1 Общие положения

Согласно СП 124.13330.2012 Тепловые сети (Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003) надёжность системы централизованного теплоснабжения - способность проектируемых и действующих источников теплоты, тепловых сетей и в целом системы централизованного теплоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего теплоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде).

Надёжность теплоснабжения потребителей тепловой энергии определяется безотказной работой всех элементов системы теплоснабжения: источников теплоты, тепловой сети, оборудования центральных тепловых пунктов (ЦТП и ИТП) и теплопотребляющих установок потребителей.

Надёжность системы централизованного теплоснабжения оценивается по трём критериям:

- вероятность безотказной работы;
- коэффициент готовности;
- коэффициент живучести.

Минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы принимаются:

- источника теплоты  $R_{ит}=0,97$ ;
- тепловых сетей  $R_{тс}=0,9$ ;
- потребителя теплоты  $R_{пт}=0,99$ ;
- системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) в целом  $R_{сцт}=0,86$ .

В соответствии с Федеральным законом от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении» и «Требованиями к схемам теплоснабжения», утверждёнными постановлением Правительства от 22 февраля 2012 г. № 154, надёжность теплоснабжения потребителей тепловой энергии оценивается показателями надёжности и энергетической эффективности объектов теплоснабжения. Расчёт показателей надёжности и энергетической эффективности объектов теплоснабжения выполнен согласно «Правилам определения плановых и расчета фактических значений показателей надёжности и энергетической эффективности объектов теплоснабжения, а также определения достижения организацией, осуществляющей регулируемые виды деятельности в сфере теплоснабжения, указанных плановых значений», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 16 мая 2014 г. № 452.

## **1.2 Показатели уровня надёжности и качества теплоснабжения потребителей**

### **1.2.1 Показатели надёжности и энергетической эффективности объектов теплоснабжения**

К показателям надёжности объектов теплоснабжения относятся:

- количество прекращений подачи тепловой энергии, теплоносителя в результате технологических нарушений на тепловых сетях на 1 км тепловых сетей;
- количество прекращений подачи тепловой энергии, теплоносителя в результате технологических нарушений на источниках тепловой энергии на 1 Гкал/ч установленной мощности.

К показателям энергетической эффективности объектов теплоснабжения относятся:

- удельный расход топлива на производство единицы тепловой энергии, отпускаемой с коллекторов источников тепловой энергии;
- отношение величины технологических потерь тепловой энергии, теплоносителя к материальной характеристике тепловой сети;
- величина технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя по тепловым сетям.

Показатели надёжности и энергетической эффективности рассчитываются для каждой организации, осуществляющей регулируемые виды деятельности в сфере теплоснабжения (теплоснабжающей организации) на территории г. Москвы.

Значения показателей надёжности объектов теплоснабжения рассчитываются как совокупные за расчетный период характеристики нарушений подачи тепловой энергии, теплоносителя, снижение которых ведет к увеличению надёжности.

Фактические значения показателей надёжности объектов теплоснабжения определяются исходя из числа нарушений, возникающих в результате аварий, инцидентов на таких объектах, а также в результате перерывов, прекращений, ограничений в подаче тепловой энергии и (или) теплоносителя на границах раздела балансовой принадлежности с потребителями тепловой энергии и (или) другими объектами теплоснабжения, определяемых по приборам учета тепловой энергии либо в соответствии с актами, предусмотренными договором поставки тепловой энергии.

Фактическое значение показателя надёжности объектов теплоснабжения, определяемого количеством прекращений подачи тепловой энергии в результате технологических нарушений на тепловых сетях на 1 км тепловых сетей в целом по теплоснабжающей организации ( $P_{n \text{ сети от}}$ ) определяется отношением количества прекращений подачи тепловой энергии ( $N_{n \text{ сети от}}$ ) в эксплуатационный период, зафиксированным на

границах раздела балансовой принадлежности сторон договора, причиной которых явились технологические нарушения на тепловых сетях, к суммарной протяженности тепловой сети (L) в двухтрубном исчислении.

Значения показателей надежности, определяемых количеством прекращений подачи тепловой энергии в результате технологических нарушений на тепловых сетях ПАО «МОЭК», ООО «ТСК Мосэнерго» и ООО «ТСК «Новая Москва» за расчетный период 2014 – 2016 гг., представлены в таблицах 1.1 – 1.3 и на рисунках 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 – Показатели надежности, определяемые количеством нарушений на тепловых сетях ПАО «МОЭК» в подаче тепловой энергии ( $P_{n \text{ сети от}}$ )

Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная протяженность тепловой сети в двухтрубном исчислении, км	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
	$N_{n \text{ сети от}}$	$\sum L_j$	$P_{n \text{ сети от}}$
2014 г.	592	8 363,6	0,071 <sup>1)</sup>
2015 г.	445	8 214,8	0,054 <sup>2)</sup>
2016 г.	406	8 027,3	0,051 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Показатель, учитывающий данные по числу нарушений и протяженности тепловых сетей г. Зеленоград (филиал №10 ПАО «МОЭК») и территории ТиНАО (филиал №19 ПАО «МОЭК»).  
<sup>2)</sup> Показатель, учитывающий данные по числу нарушений и протяженности тепловых сетей г. Зеленоград (филиал №10 ПАО «МОЭК»).  
<sup>3)</sup> Показатель без учета данных г. Зеленоград и территории ТиНАО.

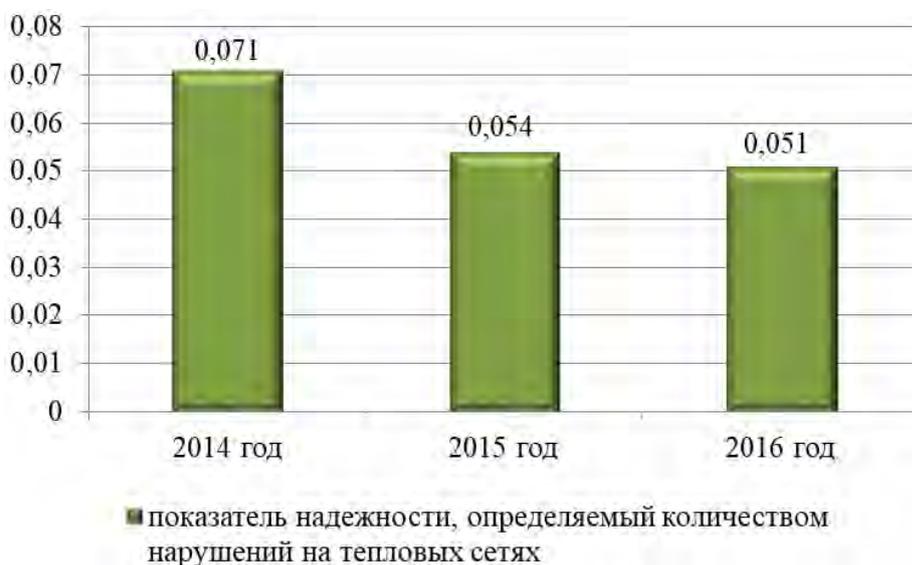


Рисунок 1.1 – Показатель надежности, определяемый количеством нарушений на тепловых сетях ( $P_{n \text{ сети от}}$ ) ПАО «МОЭК» за 2014 – 2016 гг.

Введение улучшенного водно-химического режима водоподготовительных установок позволило снизить интенсивность внутрикоррозионных процессов, таким образом уменьшить число нарушений на тепловых сетях ПАО «МОЭК».

Таблица 1.2 – Показатели надежности, определяемые количеством нарушений на тепловых сетях ООО «ТСК Мосэнерго» в подаче тепловой энергии ( $P_{n \text{ сети от}}$ )

Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная протяженность тепловой сети в двухтрубном исчислении, км	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
	$N_{n \text{ сети от}}$	$\sum L_j$	$P_{n \text{ сети от}}$
2014 г. (филиал №10 ПАО «МОЭК»)	6	190,4	0,032
2015 г. (филиал №10 ПАО «МОЭК»)	2	191,0	0,010
2016	3	191,8	0,016

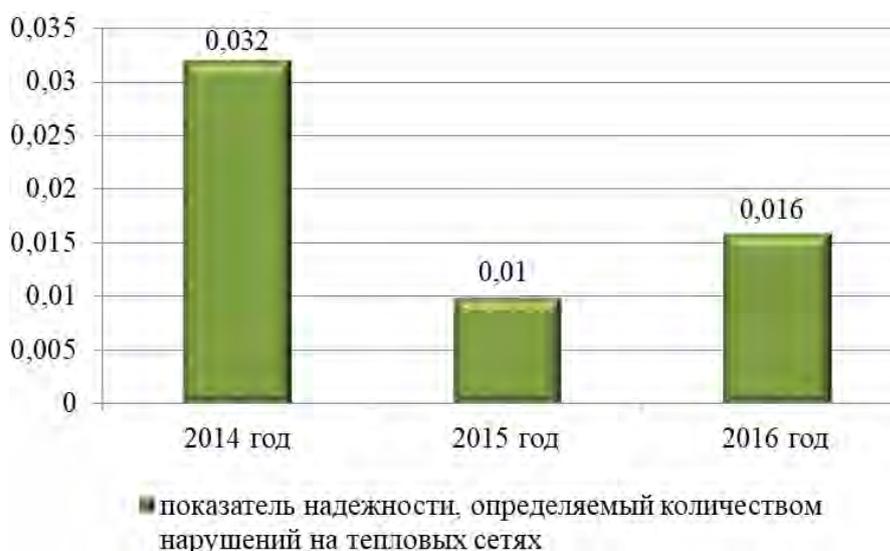


Рисунок 1.2 – Показатель надежности, определяемый количеством нарушений на тепловых сетях ( $P_{n \text{ сети от}}$ ) ООО «ТСК Мосэнерго» за 2014 – 2016 гг.

Количество нарушений на тепловых сетях ПАО «ТСК Мосэнерго» в 2016 году сохраняется в том же порядке, что и в 2015 году.

Таблица 1.3 – Показатели надежности, определяемые количеством нарушений на тепловых сетях ООО «ТСК Новая Москва» в подаче тепловой энергии ( $P_{n \text{ сети от}}$ )

Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная протяженность тепловой сети в двухтрубном исчислении, км	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
	$N_{n \text{ сети от}}$	$\sum L_j$	$P_{n \text{ сети от}}$
2014 г. (филиал №19 ПАО «МОЭК»)	4	232,0	0,017
2015 г. (филиал №19 ПАО «МОЭК»)	1	269,1	0,004
2016 г.	338	337,6	1,001

Полноценная статистика нарушений на тепловых сетях ООО «ТСК Новая Москва» началась вестись только 2016 году, поэтому динамика показателя неинформативна.

Фактическое значение показателя надежности объектов теплоснабжения, определяемого количеством прекращений подачи тепловой энергии в результате технологических нарушений на источниках тепловой энергии на 1 Гкал/час установленной мощности ( $P_{\text{н ист от}}$ ) определяется отношением количества прекращений подачи тепловой энергии, зафиксированного на границе балансовой принадлежности сторон договора, причиной которых явились технологические нарушения на источниках тепловой энергии к суммарной мощности нетто источников тепловой энергии.

Значений показателей надежности и энергетической эффективности объектов теплоснабжения ПАО «Мосэнерго», ПАО «МОЭК», ООО «ТСК Мосэнерго», ООО «ТСК Новая Москва» за расчетный период 2014 – 2016 гг. представлены в таблицах 1.4 – 1.7.

Таблица 1.4 – Показатель надежности, определяемый количеством нарушений в подаче тепловой энергии ( $P_{\text{н ист от}}$ ) ПАО «Мосэнерго»

Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная мощность нетто источников тепловой энергии, Гкал/ч	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
	$N_{\text{н ист от}}$	М	$P_{\text{н ист от}}$
2014 г.	0	34 762,4	0
2015 г.	0	37 998,9	0
2016 г.	0	37 735,8	0

Таблица 1.5 – Показатель надежности, определяемый количеством нарушений в подаче тепловой энергии ( $P_{\text{н ист от}}$ ) ПАО «МОЭК»

Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная располагаемая мощность источников тепловой энергии, Гкал/ч	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
	$N_{\text{н ист от}}$	М	$P_{\text{н ист от}}$
2014 г.	0	10 030,4	0
2015 г.	0	5 792,0	0
2016 г.	0	4 123,0	0

Таблица 1.6 – Показатель надежности, определяемый количеством нарушений в подаче тепловой энергии ( $P_{\text{н ист от}}$ ) ПАО «ТСК Мосэнерго»

Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная располагаемая мощность источников тепловой энергии, Гкал/ч	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
	$N_{\text{н ист от}}$	М	$P_{\text{н ист от}}$
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2016 г.	0	1 662,5	0

<sup>1)</sup> Располагаемая тепловая мощность учтена в мощности ПАО «МОЭК».

Таблица 1.7 – Показатель надежности, определяемый количеством нарушений в подаче тепловой энергии ( $P_{n \text{ ист от}}$ ) ПАО «ТСК Новая Москва»

Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная располагаемая мощность источников тепловой энергии, Гкал/ч	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
	$N_{n \text{ ист от}}$	$M$	$P_{n \text{ ист от}}$
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г.	0	537,8	0
2016 г.	0	557,1	0
<sup>1)</sup> Располагаемая тепловая мощность учтена в мощности ПАО «МОЭК».			

Показатели  $P_{n \text{ ист от}}$  ПАО «Мосэнерго», ПАО «МОЭК», ООО «ТСК Мосэнерго», ООО «ТСК Новая Москва» за рассматриваемый период имеют нулевое значение ввиду того, что прекращений подачи тепловой энергии потребителям в результате технологических нарушений на источниках тепловой энергии в 2014 – 2016 гг. зафиксировано не было.

Фактическое значение показателя энергетической эффективности, определяемого удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии, отпускаемой с коллекторов источников тепловой энергии, рассчитывается в соответствии с порядком определения нормативов удельного расхода топлива при производстве тепловой энергии, установленным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим выработку и реализацию государственной политики в сфере топливно-энергетического комплекса.

Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии, отпускаемой с коллекторов источников тепловой энергии представлены в таблицах 1.8 – 1.11 и на рисунках 1.3 - 1.5.

Таблица 1.8 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии ПАО «Мосэнерго»

Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Расход условного топлива на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.	Удельный расход топлива при производстве тепловой энергии, кг у.т./Гкал
	$Q_{\text{отп}}$	$B$	$b$
2014 г.	72 848,1	11 991,3	164,6
2015 г.	73 882,9	12 125,0	164,1
2016 г.	80 984,9	13 264,6	163,8

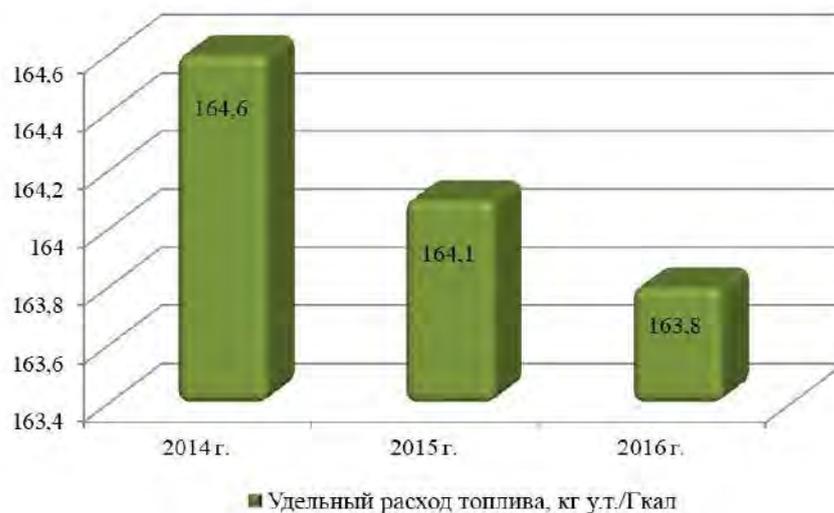


Рисунок 1.3 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии ПАО «Мосэнерго» за 2014 – 2016 гг.

Таблица 1.9 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии ПАО «МОЭК»

Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Расход условного топлива на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.	Удельный расход топлива при производстве тепловой энергии, кг у.т./Гкал
	$Q_{отп}$	$B$	$b$
2014 г.	14 766,1	2 331,0	157,9
2015 г.	7 334,0	1 144,1	156,0
2016 г.	6 051,9	943,0	155,8



Рисунок 1.4 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии ПАО «МОЭК» за 2014-2016 гг.

Таблица 1.10 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии ООО «ТСК Мосэнерго»

Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Расход условного топлива на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.	Удельный расход топлива при производстве тепловой энергии, кг у.т./Гкал
	$Q_{отп}$	$B$	$b$
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2016 г.	1 928,6	307,4	159,4

<sup>1)</sup> Отпуск тепловой энергии учтен в отпуске ПАО «МОЭК».

Таблица 1.11 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии ООО «ТСК Новая Москва»

Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Расход условного топлива на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.	Удельный расход топлива при производстве тепловой энергии, кг у.т./Гкал
	$Q_{отп}$	$B$	$b$
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г.	947,9	156,8	165,5
2016 г.	1 044,1	171,8	164,5

<sup>1)</sup> Отпуск тепловой энергии учтен в отпуске ПАО «МОЭК».



Рисунок 1.5 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии ООО «ТСК Новая Москва» за 2014-2016 гг.

В период 2014 – 2016 гг. в связи с модернизацией оборудования источников тепловой энергии наблюдается снижение удельного расхода топлива на производство тепловой энергии, что говорит о повышении энергетической эффективности объектов теплоснабжения ПАО «Мосэнерго», ПАО «МОЭК», ООО «ТСК Мосэнерго» и ООО «ТСК Новая Москва».

Фактическое значение показателя величины технологических потерь при передаче тепловой энергии  $Q_{\text{тех.пот}}$  (Гкал/год), теплоносителя  $G_{\text{тех.пот}}$  (тонн/год) по тепловым сетям рассчитывается в соответствии с порядком определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя, утвержденным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим выработку и реализацию государственной политики в сфере топливно-энергетического комплекса.

Показатели величины технологических потерь при передаче тепловой энергии (Гкал/год) по тепловым сетям представлены в таблицах 1.12-1.14 и рисунке 1.6.

Таблица 1.12 – Показатели величины технологических потерь при передаче тепловой энергии по тепловым сетям ПАО «МОЭК»

Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, тыс. Гкал/год	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, %
	$Q_{\text{отпущ}}$	$Q_{\text{техн.пот}}$	%
2014 г.	87 614,2	6 041,1	6,9
2015 г.	81 216,9	4 984,1	6,1
2016 г.	87 036,9	6 138,0	7,8



Рисунок 1.6 – Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям ПАО «МОЭК» в 2014 – 2016 гг.

Таблица 1.13 – Показатели величины технологических потерь при передаче тепловой энергии по тепловым сетям ООО «ТСК Мосэнерго»

Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, тыс. Гкал/год	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, %
	$Q_{\text{отпущ}}$	$Q_{\text{техн.пот}}$	%
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2016 г.	1 928,6	160,3	8,3

<sup>1)</sup> Отпуск тепловой энергии в 2014 и 2015 гг. учтен в отпуске ПАО «МОЭК».

Увеличение фактической величины потерь тепловой энергии в тепловых сетях ПАО «МОЭК» и ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. по сравнению с 2015 г. обусловлено более низкой (на 1,64 °С) средней температурой наружного воздуха в отопительный период 2016 года по сравнению с предыдущим отопительным периодом (в 2016 – «минус 0,61°С», в 2015 – «плюс 1,03 °С»), а также более продолжительным (на 20 дней) отопительным периодом, чем в 2015 году.

Таблица 1.14 – Показатели величины технологических потерь при передаче тепловой энергии по тепловым сетям ООО «ТСК Новая Москва»

Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, тыс. Гкал/год (%)	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, %
	$Q_{\text{отпущ}}$	$Q_{\text{техн.пот}}$	%
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г.	947,9	180,7	19,1
2016 г.	1 044,1	151,9	14,7

<sup>1)</sup> Отпуск тепловой энергии в 2014 г. учтен в отпуске ПАО «МОЭК».

Снижение фактической величины потерь тепловой энергии в тепловых сетях ООО «ТСК Новая Москва» в 2016 году по сравнению с 2015 годом обусловлено выполнением работ по реконструкции тепловых сетей с использованием трубопроводов в пенополиуретановой изоляции (ППУ-изоляции).

Показатель энергетической эффективности объектов теплоснабжения, определяемый отношением величины технологических потерь тепловой энергии ( $Q_{\text{техн.пот}}$ ), теплоносителя к материальной характеристике тепловой сети ( $M_{\text{пвк}}$ ) представлен в таблицах 1.15- 1.17 и рисунке 1.7.

Таблица 1.15 – Показатели энергетической эффективности, определяемые отношением величины технологических потерь тепловой энергии к материальной характеристике тепловых сетей ПАО «МОЭК»

Расчетный период	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, тыс. Гкал/год	Материальная характеристика тепловой сети, м <sup>2</sup>	Показатель технологических потерь тепловой энергии, (тыс. Гкал/год)/м <sup>2</sup>
	$Q_{\text{техн.пот}}$	$M_{\text{пвк}}$	$\Pi_{\text{тп тепл.эн.}}$
2014 г.	6 041,1	3 928 880,8	0,00154
2015 г.	4 984,1	3 947 642,8	0,00126
2016 г.	6 138,05	3 779 726,2	0,00162

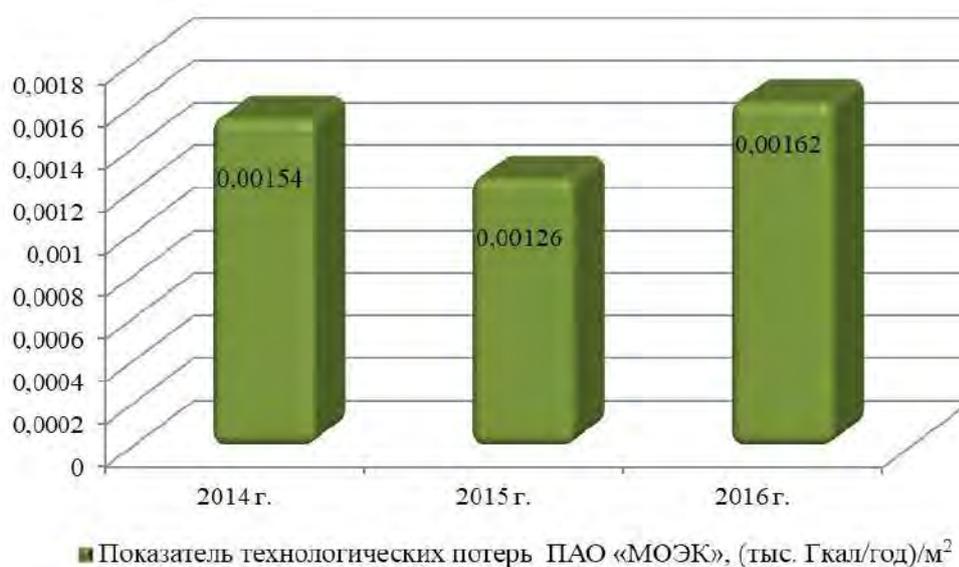


Рисунок 1.7 – Показатели энергетической эффективности, определяемые отношением величины технологических потерь тепловой энергии к материальной характеристике тепловых сетей ПАО «МОЭК» за 2014 – 2016 гг.

Увеличение показателя технологических потерь тепловой энергии обусловлено увеличением фактической величины потерь тепловой энергии в тепловых сетях ПАО «МОЭК» из-за низкой средней температуры наружного воздуха в отопительный период 2016 года.

Таблица 1.16 – Показатели энергетической эффективности, определяемые отношением величины технологических потерь тепловой энергии к материальной характеристике тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго»

Расчетный период	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, тыс. Гкал/год	Материальная характеристика тепловой сети, м <sup>2</sup>	Показатель технологических потерь тепловой энергии, (тыс. Гкал/год)/м <sup>2</sup>
	Q <sub>техн.пот</sub>	M <sub>пвк</sub>	П <sub>тп</sub> тепл.эн.
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2016 г.	160,3	89 206,8	0,0018
<sup>1)</sup> Технологические потери учтены в данных ПАО «МОЭК».			

Таблица 1.17 – Показатели энергетической эффективности, определяемые отношением величины технологических потерь тепловой энергии к материальной характеристике тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва»

Расчетный период	Величина технологических потерь тепловой энергии при передаче по тепловым сетям, тыс. Гкал/год	Материальная характеристика тепловой сети, м <sup>2</sup>	Показатель технологических потерь тепловой энергии, (тыс. Гкал/год)/м <sup>2</sup>
	Q <sub>техн.пот</sub>	M <sub>пвк</sub>	П <sub>тп</sub> тепл.эн.
2014 г. <sup>1)</sup>	-	-	-
2015 г.	180,7	70 595,1	0,0026
2016 г.	151,9	88 552,1	0,0017
<sup>1)</sup> Технологические потери учтены в данных ПАО «МОЭК».			

Снижение показателя технологических потерь тепловой энергии обусловлено уменьшением фактической величины потерь тепловой энергии в тепловых сетях ООО «ТСК Новая Москва» в отопительный период 2016 года.

*Результаты расчета показателей надежности и энергетической эффективности когенерационных источников других организаций*

На территории г. Москвы в период 2014 – 2016 гг. находились в работе когенерационные источники других организаций: ТЭС «Международная», ГТЭС «Коломенское», ПГУ ТЭС «Терешково», ГТЭС «Щербинка» и другие.

Тепловые сети от данных источников тепловой энергии эксплуатируются в основном ПАО «МОЭК». Для когенерационных источников других организаций рассчитаны следующие показатели:

- показатели надежности объектов теплоснабжения, определяемые количеством прекращений подачи тепловой энергии, теплоносителя в результате технологических нарушений на источниках тепловой энергии в расчете на единицу тепловой мощности источника тепловой энергии теплоснабжающей организации (таблица 1.18);

- показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии, отпускаемой с коллекторов источников тепловой энергии (таблица 1.19, рисунок 1.8).

Таблица 1.18 – Показатель надежности, определяемый количеством нарушений в подаче тепловой энергии,  $P_{п\text{ ист от}}$  от когенерационных источников других организаций

№ п/п	Расчетный период	Количество прекращений подачи тепловой энергии	Суммарная располагаемая мощность источников тепловой энергии, Гкал/ч	Показатель, определяемый количеством прекращений подачи тепловой энергии
		$N_{п\text{ ист от}}$	М	$P_{п\text{ ист от}}$
1	Когенерационные источники			
	2014	0	1 424,0	0
	2015	0	1 424,0	0
	2016	0	1 582,8	0

Показатели  $P_{п\text{ ист от}}$  за рассматриваемый период имеют нулевое значение ввиду того, что прекращений подачи тепловой энергии потребителям в результате технологических нарушений на когенерационных источниках других организаций в 2014 – 2016 гг. зафиксировано не было.

Таблица 1.19 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии на когенерационных источниках других организаций

№ п/п	Расчетный период	Количество отпущенной тепловой энергии с коллекторов источников, тыс. Гкал/год	Расход топлива на производство тепловой энергии, тыс. т у.т.	Удельный расход топлива при производстве тепловой энергии, кг у.т./Гкал
		$Q_{отп}$	В	б
1	Когенерационные источники			
	2014	1 098,3	150,8	137,3
	2015	1 104,3	143,4	129,8
	2016	1 540,7	183,2	118,9



Рисунок 1.8 – Показатели энергетической эффективности, определяемые удельным расходом топлива на производство единицы тепловой энергии на когенерационных источниках других организаций за 2014 – 2016 гг.

В период 2014 – 2016 гг. наблюдается снижение удельного расхода топлива на производство тепловой энергии, что говорит о повышении энергетической эффективности объектов теплоснабжения.

## 1.2.2 Расчет показателей надежности теплоснабжения потребителей

Расчёт надёжности теплоснабжения для каждого потребителя тепловой энергии выполнен в соответствии с СП 124.13330.2012 Тепловые сети (Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003) и «Методическими рекомендациями по разработке схем теплоснабжения».

Готовность системы теплоснабжения к исправной работе в течение отопительного периода определяется по числу часов нерасчетных температур наружного воздуха и числу часов ожидания готовности источника теплоты, тепловых сетей и потребителей тепловой энергии.

Согласно нормативной документации минимально допустимый показатель готовности системы теплоснабжения к исправной работе  $K_g$  равен 0,97.

Нормативное значение показателя готовности системы теплоснабжения к работе определяет:

- готовность системы теплоснабжения к отопительному сезону;
- достаточность установленной тепловой мощности источника теплоты для обеспечения исправного функционирования системы теплоснабжения при нерасчетных похолоданиях;
- способность тепловых сетей обеспечить исправное функционирование системы теплоснабжения при нерасчетных похолоданиях;
- организационные и технические мероприятия, необходимые для обеспечения исправного функционирования системы теплоснабжения на уровне заданной готовности;
- нормативное число часов готовности для источника теплоты;

Согласно требованиям надежности теплоснабжения потребители тепловой энергии делятся на три категории.

*Первая категория потребителей* - потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494 (больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.).

*Вторая категория потребителей* - потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч:

- жилых и общественных зданий до плюс 12 °С;
- промышленных зданий до плюс 8 °С.

*Третья категория потребителей - остальные потребители.*

Расчет уровня надежности теплоснабжения потребителей по состоянию на 01.01.2017 выполнен в соответствии с нормативными положениями, регламентами и показателями, включенными в СП 124.13330.2012 Тепловые сети (Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003) с использованием сертифицированного программно-расчетного комплекса ГИС Zulu.

*Расчёт выполнен при следующих допущениях:*

1 Рассматривается марковский стационарный процесс смены состояний тепловых сетей с простым пуассоновским распределением потока отказов.

2 Вероятность одновременного возникновения двух отказов не учитывается, так как она пренебрежимо мала (на три-четыре порядка меньше вероятности возникновения одного отказа).

3 Принимается, что при восстановлении отказавшего элемента ТС отказы других элементов ТС не происходят.

4 Интенсивность отказов теплопроводов определяется на основе статистической обработки данных об отказах.

5 При отсутствии статистических данных, расчет интенсивности отказов теплопроводов с учетом времени их эксплуатации производится по зависимостям распределения Вейбулла при начальной интенсивности отказов 1 км однолинейного теплопровода равной  $5,7 \cdot 10^{-6}$  1/(км·ч) или 0,05 1/(км·год). Начальная интенсивность отказов соответствует периоду нормальной эксплуатации нового теплопровода после периода приработки.

6 Средняя интенсивность отказов единицы ЗРА (например, задвижки) принимается равной  $2,28 \cdot 10^{-7}$  1/ч или 0,002 1/год.

8 Расчет ПН выполнен для узлов с обобщенными потребителями. Коэффициент тепловой аккумуляции зданий принимается по представительным в данном узле категорий зданий или для здания с наихудшей теплоустойчивостью.

*При расчете показателей надежности теплоснабжения потребителей принято:*

1 Продолжительность отопительного периода:  $\tau^{om} = 4\ 920$  ч = 205 суток.

2 Расчетная температура наружного воздуха:  $t_{j,f}^{ep} = t^{hp} = -25^{\circ}\text{C}$ .

3 Средняя температура наружного воздуха в отопительном периоде:

$$t_{cp,om}^H = -2,2^{\circ}\text{C}.$$

- 4 Способ прокладки теплопроводов ТС: канальный, бесканальный.
- 5 Среднее значение интенсивности отказов 1 км теплопровода:
  - для тепловых сетей ПАО «МОЭК» -  $\lambda_T = 2,5 \cdot 10^{-6} 1/(\text{км} \cdot \text{ч})$ ;
  - для тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» -  $\lambda_T = 0,01 \cdot 10^{-6} 1/(\text{км} \cdot \text{ч})$ ;
  - для тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» -  $\lambda_T = 0,5 \cdot 10^{-4} 1/(\text{км} \cdot \text{ч})$ .
- 6 Расчетное значение интенсивности отказов 1 км теплопровода:
 
$$\lambda_T = 4,2 \cdot 10^{-6}, 1/(\text{км} \cdot \text{ч}).$$
- 7 Среднее значение интенсивности отказов ЗРА:  $\lambda_{ЗРА} = 2,28 \cdot 10^{-7}, 1/\text{ч}$ .
- 8 Расчетное время восстановления элементов тепловой сети в соответствии со статистическими данными эксплуатирующими организациями представлено в таблице 1.20.

Таблица 1.20 – Статистические данные по времени восстановления элементов тепловой сети

Диаметр трубопровода, мм	Время восстановления, ч	Диаметр трубопровода, мм	Время восстановления, ч	Диаметр трубопровода, мм	Время восстановления, ч
100	3,7	350	4,7	800	6,1
150	3,7	400	4,6	900	6,1
200	3,7	500	4,6	1000	6,1
250	3,7	600	6,3	1200	6,6
300	4,7	700	6,1	1400	6,6

- 9 Расчетная температура воздуха в зданиях потребителей:  $t_j^e = +18^\circ\text{C}$ .
- 10 Минимально допустимая температура воздуха в зданиях потребителей:
 
$$t_{\text{min}}^e = +12^\circ\text{C}.$$
- 11 Коэффициент тепловой аккумуляции зданий обобщенных потребителей:  $\beta = 40$ .
- 12 Технические характеристики элементов тепловой сети представлены в соответствующих базах данных электронной модели схемы теплоснабжения города Москвы.

Надежность расчетного уровня теплоснабжения потребителей оценивается коэффициентом готовности  $K_j$ , представляющим собой вероятность того, что в произвольный момент времени будет обеспечен расчетный уровень теплоснабжения  $j$ -го потребителя (среднее значение доли отопительного сезона, в течение которой теплоснабжение  $j$ -го потребителя не нарушается).

Надежность пониженного уровня теплоснабжения потребителей оценивается вероятностью безотказной работы  $P_j$ , представляющей собой вероятность того, что в течение

отопительного периода температуре воздуха в зданиях j-го потребителя не опустится ниже граничного значения.

Вероятностные показатели надежности (ПН) должны удовлетворять нормативным значениям:

$K_r = 0,97$  – нормативное значение коэффициента готовности;

$P_{сцт} = 0,86$  – нормативное значение вероятности безотказной работы СЦТ.

Результаты расчета показателей надёжности теплоснабжения потребителей от источников тепловой энергии ПАО «Мосэнерго», ПАО «МОЭК», ТСК «Мосэнерго» и ТСК «Новая Москва» представлены в приложении А и в таблице 1.21.

Анализ результатов расчёта показал, что уровень надёжности теплоснабжения потребителей соответствуют нормативным требованиям.

Значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей находится в диапазоне  $0,937414 \div 0,999999$  при нормативном значении вероятности безотказной работы системы теплоснабжения  $P_{сцт} = 0,86$ .

Значение коэффициента готовности системы к теплоснабжению потребителя находится в диапазоне  $0,982498 \div 0,999998$  при нормативном значении коэффициента готовности  $K_r = 0,97$ .

Наименьшее значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей характерно для наиболее удаленных от источников тепловой энергии потребителей тепловой энергии.

Таблица 1.21 - Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей

№ пп	Наименование источника теплоснабжения	Значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей		Значение коэффициента готовности системы к теплоснабжению потребителя	
		min	max	min	max
Тепловые сети ПАО "МОЭК"					
1	ГЭС-1	0,967552	0,998003	0,996489	0,99998
2	ТЭЦ-8	0,988416	0,999999	0,994454	0,994552
3	ТЭЦ-9	0,977724	0,997964	0,997748	0,997817
4	ТЭЦ-11	0,974881	0,998064	0,996262	0,996402
5	ТЭЦ-12	0,96509	0,997811	0,993213	0,993343
6	ТЭЦ-16	0,965234	0,995534	0,993547	0,993704
7	ТЭЦ-20	0,961225	0,997759	0,996203	0,99639
8	ТЭЦ-21	0,947551	0,997709	0,988429	0,988551
9	ТЭЦ-22	0,943349	0,995489	0,98734	0,99939
10	ТЭЦ-23	0,958377	0,997761	0,987264	0,987534
11	ТЭЦ-25	0,937414	0,997733	0,991484	0,996711
12	ТЭЦ-26	0,951094	0,995273	0,993256	0,995063

№ пп	Наименование источника теплоснабжения	Значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей		Значение коэффициента готовности системы к теплоснабжению потребителя	
		min	max	min	max
13	ТЭЦ-27	0,97657	0,994125	0,996606	0,99677
14	РТС «Новомосковская»	0,984441	0,999999	0,998598	0,998646
15	РТС «Отрадное»	0,99516	0,999999	0,99896	0,999023
16	РТС «Ростокино»	0,986066	0,999951	0,998756	0,998821
17	РТС «Бабушкино-1»	0,983392	0,999999	0,997681	0,99772
18	РТС «Переяславская»	0,988744	0,999999	0,998792	0,99883
19	РТЭС «Люблино»	0,982934	0,999999	0,999353	0,999373
20	РТЭС «Курьяново»	0,999875	0,999999	0,999336	0,999398
21	РТС «Перово»	0,969333	0,998587	0,998007	0,998051
22	РТС «Жулебино»	0,977763	0,993438	0,998596	0,99861
23	РТС «Южное Бутово»	0,968336	0,999999	0,998297	0,99833
24	ГТЭС «Коломенское» и РТС «Коломенская»	0,990385	0,996957	0,998173	0,998224
25	РТС «Ленино-Дачное»	0,982774	0,995342	0,998733	0,99878
26	РТС «Чертаново»	0,978211	0,992596	0,997646	0,997674
27	РТС «Теплый Стан»	0,985697	0,997229	0,998211	0,99832
28	РТС «Волхонка-Зил»	0,99048	0,999999	0,99859	0,998635
29	РТС «Крылатское»	0,983858	0,999999	0,998388	0,998556
30	РТС «Солнцево»	0,982334	0,999954	0,99918	0,999256
31	РТС «Терешково»	0,987744	0,996113	0,999303	0,999346
32	РТС «Переделкино»	0,968301	0,99639	0,998284	0,998313
33	РТС «Рублево»	0,939863	0,999996	0,998847	0,998889
34	РТС «Кунцево»	0,997564	0,999897	0,998485	0,998543
35	ТЭС «Международная»	0,982502	0,997576	0,998715	0,998734
36	РТС «Красная Пресня»	0,945707	0,994163	0,998428	0,998449
37	РТС «Пенягино»	0,982478	0,982478	0,99857	0,99857
38	РТС «Строгино»	0,999594	0,999999	0,998998	0,998998
39	РТС «Тушино-1»	0,987075	0,99676	0,999074	0,999123
40	РТС «Тушино-2»	0,979013	0,995213	0,998947	0,998973
41	РТС «Тушино-3»	0,974942	0,999999	0,998131	0,99818
42	РТС «Тушино-4»	0,97683	0,97683	0,999002	0,999002
43	РТС «Тушино-5»	0,991763	0,991763	0,999265	0,999265
44	РТС «Митино»	0,984597	0,997621	0,998653	0,998674
45	РТС «Нагатино»	0,989383	0,999994	0,999225	0,999278
46	РТС «Внуково»	0,990418	0,997999	0,997913	0,998333
Тепловые сети ООО "ТСК Мосэнерго"					
1	РТЭС-3 г. Зеленоград	0,990287	0,999589	0,999161	0,9992
2	РТС-1 г. Зеленоград	0,979851	0,992978	0,999175	0,999219
3	РТС-2 г. Зеленоград	0,96583	0,998459	0,998196	0,998265
4	РТС-4 г. Зеленоград	0,96783	0,999717	0,998425	0,998488
Тепловые сети ООО "ТСК Новая Москва"					
1	КТС-1 "Щербинка"	0,998779	0,999999	0,995568	0,996367
2	РТС "Центральная"	0,984895	0,999999	0,982498	0,983739
3	КТС-1 "Московский"	0,999592	0,999946	0,997909	0,998303
4	КТС-2 "Московский"	0,997856	0,998262	0,996215	0,996602
5	КТС-8 "Кокоскино"	0,999999	0,999999	0,997337	0,997728

### 1.3 Анализ аварийных отключений потребителей, технологических нарушений и времени восстановления теплоснабжения

По данным, представленными ПАО «МОЭК», ООО «ТСК Мосэнерго», ООО «ТСК Новая Москва», за период 2014-2016 гг. аварийных отключений теплоснабжения потребителей не было.

Надёжность теплоснабжения определяется количеством технологических нарушений работы тепловых сетей и временем восстановления теплоснабжения потребителей в эксплуатационный период.

#### 1.3.1 Анализ технологических нарушений тепловых сетей ПАО «МОЭК»

Анализ технологических нарушений выполнен за период 2012-2016 гг. по данным, предоставленным ПАО «МОЭК».

Количество повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» в отопительный, неотопительный периоды и во время проведения испытаний представлено в таблице 1.22 и на рисунках 1.9 - 1.13.

Таблица 1.22 - Повреждения тепловых сетей ПАО «МОЭК» в периоды 2012-2016 гг.

Период	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.				
		2012 <sup>1)</sup>	2013 <sup>1)</sup>	2014 <sup>1)</sup>	2015 <sup>2)</sup>	2016
Отопительный период	Ду<400	156	189	312	234	221
	Ду≥400÷≤600	30	42	47	49	67
	Ду>600	18	19	31	22	21
	Итого	204	250	390	305	309
Неотопительный период	Ду<400	69	77	177	109	78
	Ду≥400÷≤600	9	11	23	20	14
	Ду>600	16	4	8	11	5
	Итого	94	92	208	140	97
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	1 939	1 837	2 180	2 238	2 407
	Ду≥400÷≤600	904	952	1 016	950	1 042
	Ду>600	699	619	742	681	764
	Итого	3 542	3 408	3 938	3 869	4 213
Всего		3 840	3 750	4 536	4 314	4 619
<sup>1)</sup> В период 2012-2014 гг. количество повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» приведено с учетом повреждений тепловых сетей г. Зеленограда и территории ТиНАО. <sup>2)</sup> В 2015 гг. количество повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» приведено с учетом повреждений тепловых сетей г. Зеленограда.						

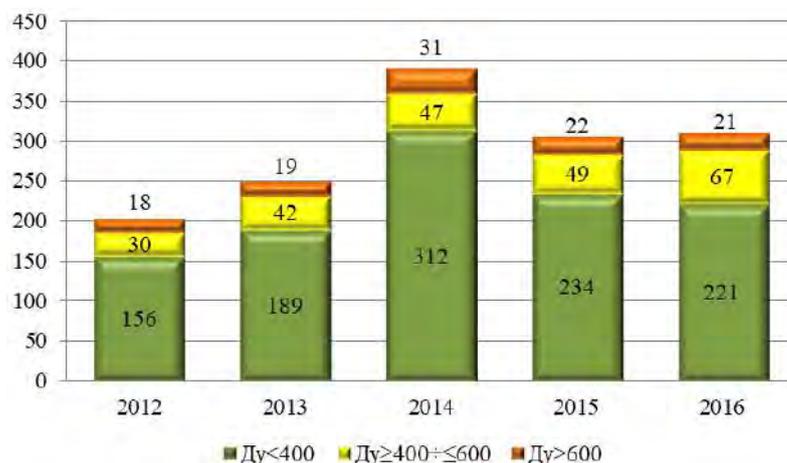


Рисунок 1.9 – Количество повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» в отопительные периоды 2012-2016 гг.

В отопительный период в 2016 г. выявлено и устранено 309 повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК», что на 1,3 % больше, чем в 2015 г. (305 повреждений, рисунок 1.10).

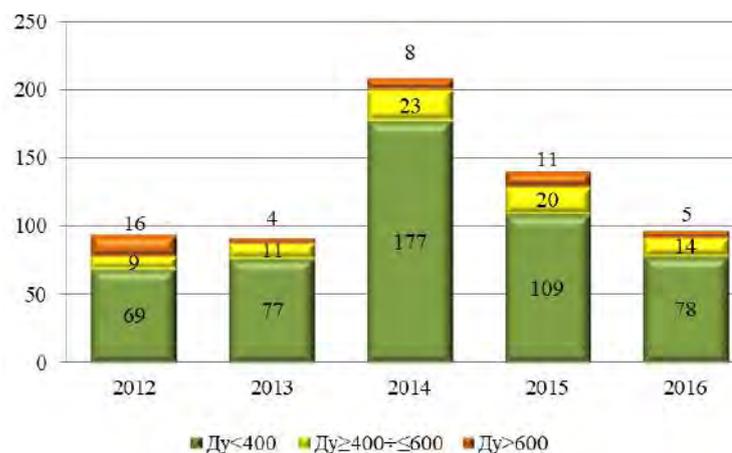


Рисунок 1.10 – Количество повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» в неотапительные периоды 2010-2014 гг.

В неотапительный период 2016 г. выявлено на 40 % меньше, чем в 2015 г. повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» (97 повреждений вместо 140).

В эксплуатационный период (отапительный и неотапительный) в 2016 г. выявлено и устранено 406 повреждений тепловых сетей, что на 10 % меньше, чем в 2015 г. (445 повреждений):

- тепловых сетей с Ду < 400 – 299 повреждений (в 2015 г. – 342 повреждений);
- тепловых сетей с Ду ≥ 400 ÷ ≤ 600 – 81 повреждение (в 2015 г. – 70 повреждения);
- тепловых сетей с Ду > 600 – 26 повреждений (в 2015 г. – 33 повреждения).

Количество повреждений в эксплуатационный период (отопительный и неотопительный) в зависимости от диаметра трубопровода ПАО «МОЭК» за 2016 г. представлено на рисунке 1.11.

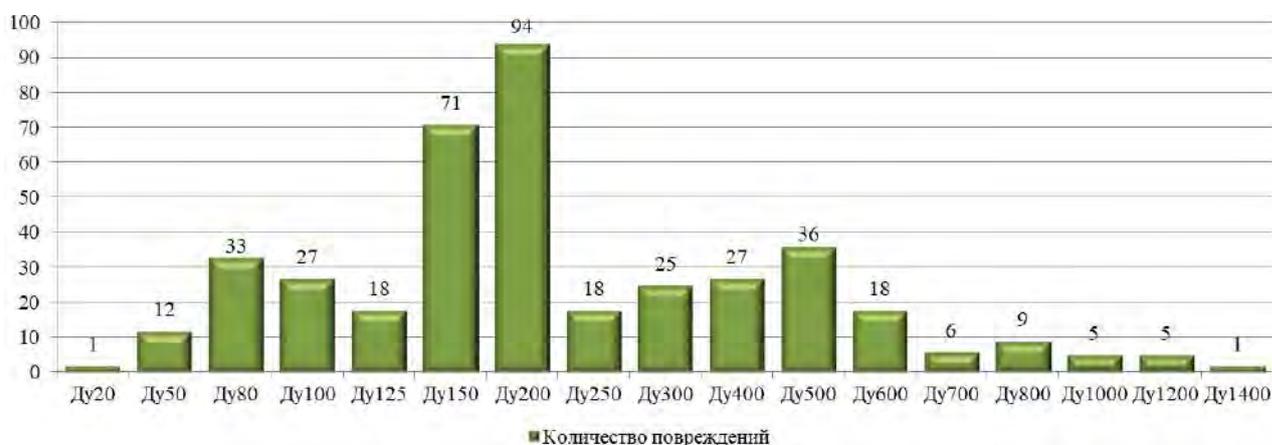


Рисунок 1.11 - Количество повреждений в эксплуатационный период (отопительный и неотопительный) по диаметрам трубопроводов ПАО «МОЭК»

Согласно проведенному анализу в эксплуатационный период 2016 года наиболее часто возникали повреждения на трубопроводах ПАО «МОЭК» диаметром Ду200.

Наибольшее количество повреждений за годовой период эксплуатации (отопительный и неотопительный период) фиксируется на прямых участках трубопроводов, которое в 2016 г. составило 92 % от общего количества.

Наибольшее количество повреждений выявляется в периоды испытаний (гидравлические и температурные испытания).

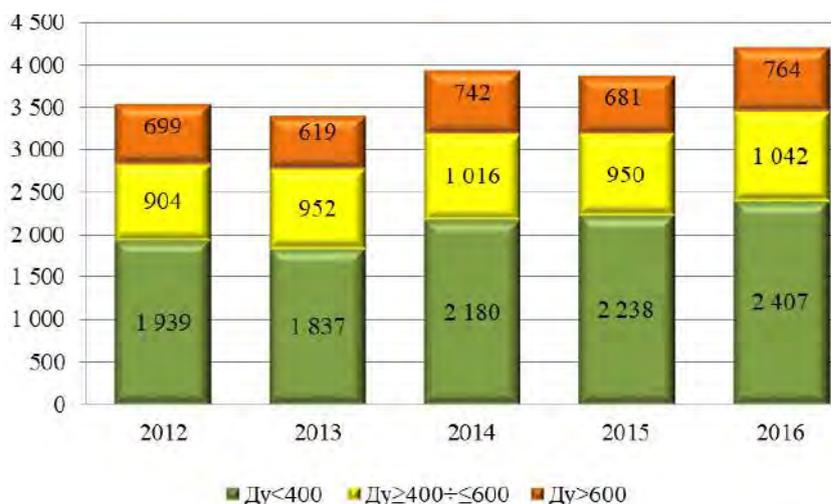


Рисунок 1.12 – Количество повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» в период проведения испытаний

Во время проведения гидравлических испытаний в 2016 г. выявлено и устранено 4 213 повреждений тепловых сетей, что на 91,8 % больше, чем в 2015 г. (3 869 повреждений):

- тепловых сетей с Ду<400 – 2 433 повреждение (в 2015 г. – 2 235 повреждений);
- тепловых сетей с Ду≥400÷≤600 – 1 042 повреждений (в 2015 г. – 952 повреждения);
- тепловых сетей с Ду>600 – 764 повреждений (в 2015 г. – 681 повреждения).

Количество повреждений во время проведения испытаний в зависимости от диаметра трубопровода ПАО «МОЭК» за 2016 г. представлено на рисунке 1.13.

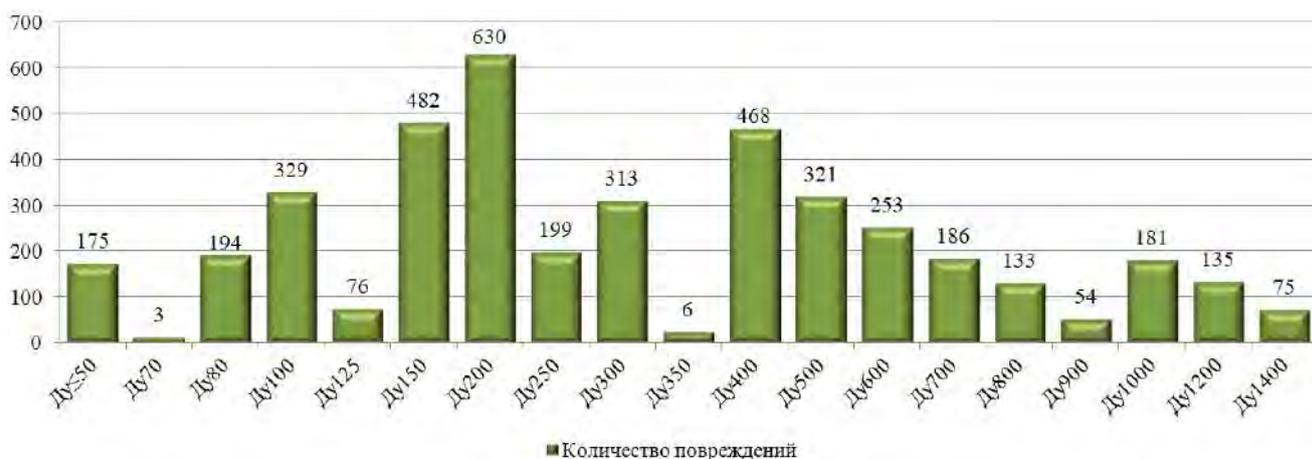


Рисунок 1.13 - Количество повреждений во время проведения испытаний по диаметрам трубопроводов ПАО «МОЭК»

Согласно проведенному анализу в период проведения испытаний 2016 года наиболее часто возникали повреждения трубопроводов ПАО «МОЭК» диаметром Ду200.

Статистика повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» и наиболее распространенные причины повреждений за эксплуатационные периоды и периоды испытаний в период 2012-2016 гг. представлена в таблице 1.23.

Таблица 1.23 – Количество и причины повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК»

Период эксплуатации	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.				
		Всего	Причина повреждений			
			Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения	Электрокоррозия
2012 г.						
Отопительный период	Ду<400	156	14	131	4	7
	Ду≥400÷≤600	30	8	16	6	0
	Ду>600	18	5	5	7	1
	Итого	204	27	152	17	8
Неотопительный период	Ду<400	69	10	52	3	4
	Ду≥400÷≤600	9	1	7	0	1
	Ду>600	16	11	4	0	1
	Итого	94	22	63	3	6
	Ду<400	1 939	270	379	54	13
	Ду≥400÷≤600	904	272	265	75	32

Период эксплуатации	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.				
		Всего	Причина повреждений			
			Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения	Электрокоррозия
Гидравлические и температурные испытания	Ду>600	699	235	206	153	17
	Итого	3 542	777	850	282	62
Всего		3 840	826	1 065	302	76
2013 г.						
Отопительный период	Ду<400	189	22	156	8	3
	Ду≥400÷≤600	42	6	29	6	1
	Ду>600	19	0	15	3	1
	Итого	250	28	200	17	5
Неотопительный период	Ду<400	77	13	60	4	0
	Ду≥400÷≤600	11	3	7	1	0
	Ду>600	4	0	4	0	0
	Итого	92	16	71	5	0
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	1 837	191	404	72	8
	Ду≥400÷≤600	952	210	332	49	10
	Ду>600	619	169	223	93	4
	Итого	3 408	570	959	214	22
Всего		3 750	614	1 230	236	27
2014 г.						
Отопительный период	Ду<400	312	0	304	8	0
	Ду≥400÷≤600	47	0	43	4	0
	Ду>600	31	0	23	8	0
	Итого	390	0	370	20	0
Неотопительный период	Ду<400	177	1	163	13	0
	Ду≥400÷≤600	23	0	20	3	0
	Ду>600	8	0	8	0	0
	Итого	208	1	191	16	0
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	2 180	221	1 429	527	3
	Ду≥400÷≤600	1 016	131	612	272	1
	Ду>600	742	104	427	209	2
	Итого	3 938	456	2 468	1 008	6
Всего		4 536	457	3 029	1 044	6
2015 г.						
Отопительный период	Ду<400	234	33	158	43	0
	Ду≥400÷≤600	49	16	26	7	0
	Ду>600	22	9	6	6	1
	Итого	305	58	190	56	1
Неотопительный период	Ду<400	109	20	76	13	0
	Ду≥400÷≤600	20	3	13	4	0
	Ду>600	11	3	7	1	0
	Итого	140	26	96	18	0
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	2 238	569	1 536	133	0
	Ду≥400÷≤600	950	285	596	69	0
	Ду>600	681	275	339	67	0
	Итого	3 869	1 129	2 471	269	0
Всего		4 314	1 213	2 757	343	1
2016 г.						
Отопительный период	Ду<400	221	16	194	11	0
	Ду≥400÷≤600	67	1	62	4	0
	Ду>600	21	4	14	3	0
	Итого	309	21	270	18	0
Неотопительный период	Ду<400	78	3	71	4	0
	Ду≥400÷≤600	14	1	11	2	0
	Ду>600	5	0	4	1	0

Период эксплуатации	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.				
		Всего	Причина повреждений			
			Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения	Электрокоррозия
	Итого	97	4	86	7	0
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	2 407	137	2 098	172	0
	Ду≥400÷≤600	1 042	88	832	121	1
	Ду>600	764	90	555	119	0
	Итого	4 213	315	3 485	412	1
Всего		4 619	340	3 841	437	1

За период 2012-2016 гг. основным типом повреждений трубопроводов тепловых сетей являлась наружная коррозия (более 80 % от общего числа повреждений).

В период эксплуатации (отопительный и неотопительный период) в 2016 г. по сравнению с предыдущим 2015 г. увеличилось количество повреждений по причине наружной коррозии с 286 до 356 (87,6 % от общего количества повреждений в 2016 году), вызванной неудовлетворительной работой дренажных систем и состоянием каналов, тепловых камер вследствие затопления водой, однако, снизилось количество некоррозионных повреждений с 74 до 25.

Некоррозионные повреждения включают: дефекты арматуры и компенсаторов, механические повреждения спускников, воздушников и дефекты сварных соединений.

Введение улучшенного водно-химического режима водоподготовительных установок ТЭЦ, повышение водородного показателя до  $pH = 9,5 \div 9,7$  и ужесточение нормативов по жесткости до  $200 \div 250$  мг-экв/л позволило снизить интенсивность внутрикоррозионных процессов с 84 (в 2015 г.) до 25 (в 2016 г.).

Количество и причины повреждений по диаметрам трубопроводов ПАО «МОЭК» за период 2016 г. (эксплуатационный и период испытаний) представлено в таблице 1.24.

Таблица 1.24 – Количество и причины повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» по диаметрам трубопроводов за 2016 г.

Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.				
	Всего	Причина повреждений			
		Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения	Электрокоррозия
Ду15	5		2	3	
Ду20	5	2	2	1	
Ду40	1		1		
Ду50	177	16	145	16	
Ду70	3		3		
Ду80	227	8	204	15	
Ду100	356	9	318	29	
Ду125	94	2	92		
Ду150	553	38	479	36	
Ду200	724	46	634	44	

Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.				
	Всего	Причина повреждений			
		Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения	Электрокоррозия
Ду250	217	12	185	20	
Ду300	338	23	293	22	
Ду350	6		5	1	
Ду400	495	46	395	54	
Ду500	357	22	302	33	
Ду600	271	22	208	40	1
Ду700	192	29	132	31	
Ду800	142	14	97	31	
Ду900	54	6	48		
Ду1000	186	29	134	23	
Ду1200	140	10	107	23	
Ду1400	76	6	55	15	
Всего	4 619	340	3 841	437	1
Всего, %	100	7,36	83,16	9,46	0,02

Согласно проведенному анализу, наиболее подвержены коррозионным повреждениям трубопроводы диаметром Ду200.

### 1.3.2 Анализ технологических нарушений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго»

Анализ технологических нарушений за период 2015-2016 гг. выполнен по данным, предоставленными ООО «ТСК Мосэнерго».

В периоды 2012-2015 гг. эксплуатация тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» осуществлялась ПАО «МОЭК».

Количество повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в отопительный, неотопительный периоды и во время проведения гидравлических испытаний представлено в таблице 1.25.

Таблица 1.25 – Повреждения тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в периоды 2015-2016 гг.

Период	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.	
		2015 <sup>1)</sup>	2016
Отопительный период	Ду<400	2	3
	Ду≥400÷≤600	0	0
	Ду>600	0	0
	Итого	2	3
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	74	54
	Ду≥400÷≤600	14	22
	Ду>600	17	5
	Итого	105	81
Всего		107	84

<sup>1)</sup> Повреждаемость по данным ПАО «МОЭК», учтена в данных ПАО «МОЭК». Приведена для анализа динамики количества повреждений тепловых сетей г. Зеленоград.

Во время эксплуатационного периода (отопительный и неотопительный) тепловых сетях ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. выявлено и устранено 3 повреждения (из которых 2 повреждения тепловых сетей от РТЭС-3 и 1 от РТС-2), для сравнения: в 2015 г. - 2 повреждения. Однако, в 2016 г. по сравнению с предыдущим 2015 г. уменьшилось количество повреждений по причине наружной коррозии с 2 до 0:

- тепловых сетей с  $Du < 400$  – 3 повреждения (в 2015 г. – 2 повреждения);
- тепловых сетей с  $Du \geq 400 \div \leq 600$  – 0 повреждений (в 2015 г. – 0 повреждений);
- тепловых сетей с  $Du > 600$  – 0 повреждений (в 2015 г. – 0 повреждений).

Согласно проведенному анализу в эксплуатационный период 2016 года наиболее часто возникали повреждения трубопроводов тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» диаметром  $Du150$  (2 повреждения из трех).

Наибольшее количество повреждений выявляется в периоды испытаний (гидравлические и температурные испытания).

Количество повреждений, произошедших во время гидравлических испытаний в 2015 г. и в 2016 г. представлено на рисунке 1.14.

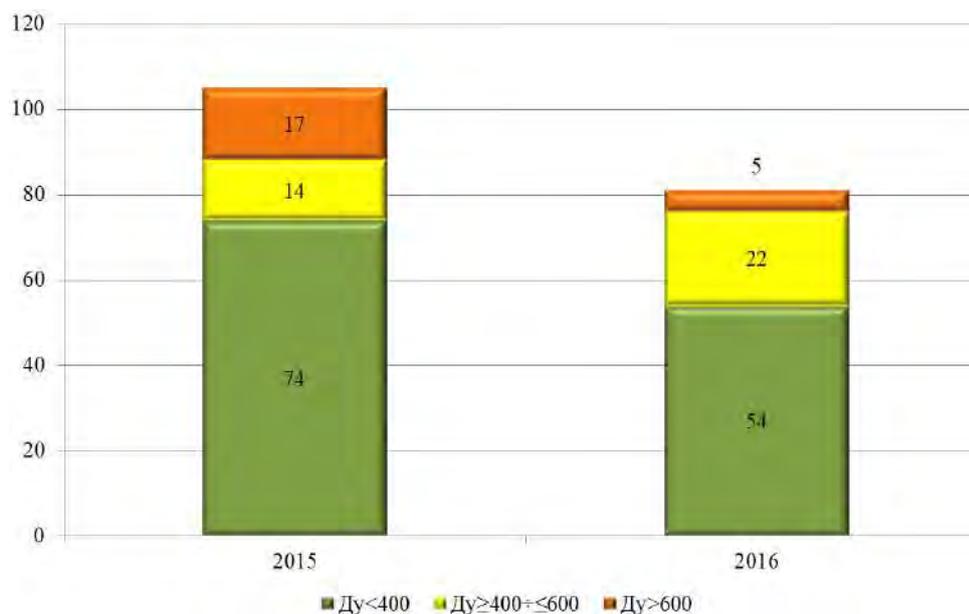


Рисунок 1.14 – Количество повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в период проведения испытаний

Во время проведения гидравлических испытаний тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. выявлено и устранено 81 повреждение, что на 23 % меньше, чем в 2015 г. (105 повреждений):

- тепловых сетей с  $Du < 400$  – 54 повреждения (в 2015 г. – 74 повреждения);
- тепловых сетей с  $Du \geq 400 \div \leq 600$  – 22 повреждений (в 2015 г. – 14 повреждений);
- тепловых сетей с  $Du > 600$  – 5 повреждений (в 2015 г. – 17 повреждений).

Количество повреждений во время проведения испытаний в зависимости от диаметра трубопровода ООО «ТСК Мосэнерго» за 2016 г. представлено на рисунке 1.15.

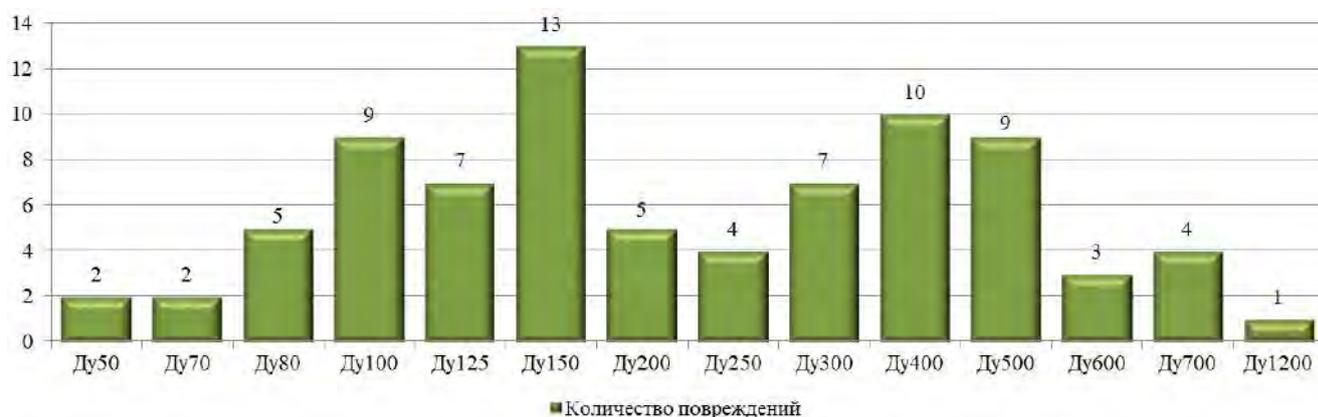


Рисунок 1.15 - Количество повреждений во время проведения испытаний по диаметрам трубопроводов ООО «ТСК Мосэнерго»

Согласно проведенному анализу в период проведения испытаний 2016 года наиболее часто возникали повреждения трубопроводов тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» диаметром Ду150.

Статистика повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» и наиболее распространенные причины повреждений за эксплуатационные периоды и периоды испытаний в 2015-2016 гг. представлена в таблице 1.26.

Таблица 1.26 – Количество и причины повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго»

Период эксплуатации	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.			
		Всего	Причина повреждений		
			Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения
2015					
Отопительный период	Ду<400	2	0	1	1
	Ду≥400÷≤600	0	0	0	0
	Ду>600	0	0	0	0
	Итого	2	0	1	1
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	74	4	58	12
	Ду≥400÷≤600	14	0	12	2
	Ду>600	17	3	6	8
	Итого	105	7	76	22
Всего		107	7	77	23
2016					
Отопительный период	Ду<400	3	0	0	3
	Ду≥400÷≤600	0	0	0	0
	Ду>600	0	0	0	0
	Итого	3	0	0	3
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	54	0	51	3
	Ду≥400÷≤600	22	0	15	7
	Ду>600	5	2	3	0
	Итого	81	2	69	10
Всего		84	2	69	13

За рассматриваемый период основным типом повреждений трубопроводов тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» являлась наружная коррозия (82,1 %).

Во время эксплуатационного периода в 2016 г. по сравнению с предыдущим 2015 г. количество повреждений тепловых сетей по причине наружной коррозии уменьшилось: в эксплуатационный период с 1 до 0, в период испытаний с 76 до 69 случаев.

Количество и причины повреждений по диаметрам трубопроводов ООО «ТСК Мосэнерго» за период 2016 г. (эксплуатационный и период испытаний) представлено в таблице 1.27.

Таблица 1.27 – Количество и причины повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» по диаметрам трубопроводов

Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.			
	Всего	Причина повреждений		
		Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения
Ду50	2		1	1
Ду70	2		2	
Ду80	6		5	1
Ду100	9		9	
Ду125	7		7	
Ду150	15		11	4
Ду200	5		5	
Ду250	4		4	
Ду300	7		7	
Ду400	10		10	
Ду500	9		2	7
Ду600	3		3	
Ду700	4	2	2	
Ду1200	1		1	
Всего	84	2	69	13
Всего, %	100	2,4	82,1	15,5

Согласно проведенному анализу, наиболее подвержены коррозионным повреждениям трубопроводы диаметром Ду150 и Ду400.

### 1.3.3 Анализ технологических нарушений тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва»

Анализ технологических нарушений за период 2016 гг. выполнен по данным, предоставленным ООО «ТСК Новая Москва».

Полноценная статистика повреждаемости тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» началась вестись в 2016 году, до этого периода статистика отказов и восстановлений

фиксировалась не на всех источниках тепловой энергии, расположенных на территории ТиНАО и сравнение показателей предыдущих периодов не является информативным.

Количество повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» в отопительный, неотопительный периоды и во время проведения испытаний представлено в таблице 1.28.

Таблица 1.28 - Повреждения тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» в 2016 гг.

Период	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.
		2016
Отопительный период	Ду<400	231
	Ду≥400÷≤600	1
	Ду>600	0
	Итого	232
Неотопительный период	Ду<400	107
	Ду≥400÷≤600	0
	Ду>600	0
	Итого	107
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	100
	Ду≥400÷≤600	6
	Ду>600	2
	Итого	108
Всего		447

Во время эксплуатационного периода (отопительный и неотопительный) в 2016 г. выявлено и устранено 338 повреждений тепловых сетей:

- тепловых сетей с Ду<400 – 377 повреждений;
- тепловых сетей с Ду≥400÷≤600 – 1 повреждение.

Во время проведения гидравлических испытаний в 2016 г. выявлено и устранено 108 повреждений тепловых сетей:

- тепловых сетей с Ду<400 – 100 повреждений;
- тепловых сетей с Ду≥400÷≤600 – 6 повреждений;
- тепловых сетей с Ду>600 – 2 повреждения.

Статистика повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» и наиболее распространенные причины повреждений за эксплуатационные периоды и периоды испытаний 2016 г. представлена в таблице 1.29.

Таблица 1.29 – Количество и причины повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» в 2016 году

Период эксплуатации	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.			
		Всего	Причина повреждений		
			Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения
2016					
Отопительный период	Ду<400	231	0	216	15
	Ду≥400÷≤600	1	0	1	0
	Ду>600	0	0	0	0
	Итого	232	0	217	15

Период эксплуатации	Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.			
		Всего	Причина повреждений		
			Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения
Неотопительный период	Ду<400	107	0	89	18
	Ду≥400 ÷ ≤600	0	0	0	0
	Ду>600	0	0	0	0
	Итого	107	0	89	18
Гидравлические и температурные испытания	Ду<400	100	14	78	8
	Ду≥400 ÷ ≤600	6	6	0	0
	Ду>600	2	2	0	0
	Итого	108	22	78	8
Всего		447	22	384	41

За период 2016 г. основным типом повреждений трубопроводов тепловых сетей являлась наружная коррозия (86 % от общего числа повреждений).

Количество и причины повреждений по диаметрам трубопроводов ООО «ТСК Новая Москва» за период 2016 г. (эксплуатационный и период испытаний) представлено в таблице 1.30.

Таблица 1.30 – Количество и причины повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» по диаметрам трубопроводов

Диаметр тепловых сетей, мм	Повреждения тепловых сетей, шт.			
	Всего	Причина повреждений		
		Внутренняя коррозия	Наружная коррозия	Некоррозионные повреждения
Ду20	3	-	3	-
Ду30	4	-	4	-
Ду40	11	-	10	1
Ду50	90	2	78	10
Ду70	12	1	11	
Ду80	97		90	7
Ду100	105	3	93	9
Ду125	18		18	
Ду130	3		3	
Ду150	59	2	52	5
Ду200	23	3	14	6
Ду250	4		3	1
Ду300	6	3	2	1
Ду350	3		2	1
Ду400	4	3	1	-
Ду500	3	3	-	-
Ду700	1	1	-	-
Ду800	1	1	-	-
Всего	447	22	384	41
Всего, %	100	4,9	85,9	9,2

Согласно проведенному анализу, наиболее подвержены коррозионным повреждениям трубопроводы диаметром Ду100.

### 1.3.4 Анализ времени восстановления тепловых сетей после технологических нарушений

Согласно предоставленным данным эксплуатирующих организаций среднее время, затраченное на устранение повреждений на участках тепловых сетей в 2016 г. без учета гидравлических испытаний представлено в таблице 1.31.

Таблица 1.31 – Фактическое среднее время устранения повреждений в 2016 г. и нормативное время восстановления теплоснабжения потребителей

Средний диаметр тепловых сетей, мм	Фактическое среднее время устранения повреждений, час	Нормативное время восстановления теплоснабжения, час
Ду<300	3,7	-
Ду300	4,7	15
Ду400	4,6	18
Ду500	4,6	22
Ду600	6,3	26
Ду700	6,1	29
Ду800-1000	6,1	40
Ду1200-1400	6,6	До 54

Таким образом, время устранения повреждений участков тепловых сетей эксплуатирующих организаций не превышает нормативных сроков.

Распределение времени устранения повреждений тепловых сетей по группам диаметров составило для:

- участков тепловых сетей с Ду<400 мм – 3,7 часа;
- участков тепловых сетей с Ду $\geq$ 400÷ $\leq$ 600 – 5,0 часов;
- участков тепловых сетей с Ду>600 мм – 6,2 часа.

#### 1.4 Интенсивность повреждений тепловых сетей

ПАО «МОЭК»

Данные по интенсивности повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК» в период 2016 г. (периоды эксплуатации и испытаний) приведены в таблице 1.32.

Таблица 1.32 – Интенсивность повреждений тепловых сетей в 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Интенсивность повреждений					
	Отопительный период		Неотопительный период		Гидравлические и температурные испытания	
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Ду15					5	0,1
Ду20			1	1,0	4	0,1
Ду40				0,0	1	0,0
Ду50	7	2,3	5	5,2	165	3,9
Ду70					3	0,1
Ду80	22	7,1	11	11,3	194	4,6
Ду100	19	6,1	8	8,2	329	7,8
Ду125	13	4,2	5	5,2	76	1,8
Ду150	54	17,5	17	17,5	482	11,4
Ду200	72	23,3	22	22,7	630	15,0
Ду250	16	5,2	2	2,1	199	4,7
Ду300	18	5,8	7	7,2	313	7,4
Ду350					6	0,1
Ду400	24	7,8	3	3,1	468	11,1
Ду500	27	8,7	9	9,3	321	7,6
Ду600	16	5,2	2	2,1	253	6,0
Ду700	4	1,3	2	2,1	186	4,4
Ду800	8	2,6	1	1,0	133	3,2
Ду900					54	1,3
Ду1000	3	1,0	2	2,1	181	4,3
Ду1200	5	1,6			135	3,2
Ду1400	1	0,3			75	1,8
Всего	309	100	97	100	4213	100

За эксплуатационный период и во время гидравлических и температурных испытаний в 2016 году наибольшее количество повреждений произошло на трубопроводах диаметром 200 мм (23,3 % за отопительный период, 22,7 % за неотопительный период и 15 % во время испытаний).

Суммарная интенсивность повреждений с учетом разделения тепловых сетей по диаметру на группы Ду<400, Ду≥400÷≤600, Ду>600 представлена в таблице 1.33.

Таблица 1.33 – Интенсивность повреждений тепловых сетей с распределением по группам диаметров в 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Интенсивность повреждений		
	Отопительный период	Неотопительный период	Гидравлические и температурные испытания
Ду<400	221	78	2 407
Ду≥400÷≤600	67	14	1042

Диаметр теплопровода, мм	Интенсивность повреждений		
	Отопительный период	Неотопительный период	Гидравлические и температурные испытания
Ду>600	21	5	764
Всего	309	97	4 213

Наибольшее количество повреждений возникает на тепловых сетях диаметром менее 400 мм, как во время эксплуатационного периода, так и во время проведения испытаний. Тепловые сети диаметром более 600 мм наименее подвержены повреждениям, что связано со сроком эксплуатации, способом прокладки, контролем за состоянием тепловых сетей.

Приведенная интенсивность повреждений за эксплуатационный период 2016 года представлена в таблице 1.34.

Таблица 1.34 – Интенсивность повреждений в эксплуатационный период 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Отопительный период			Неотопительный период		
	Интенсивность повреждений, кол-во	Протяженность тепловых сетей, км	Приведенная интенсивность повреждений 1/км/период	Интенсивность повреждений, кол-во	Протяженность тепловых сетей, км	Приведенная интенсивность повреждений 1/км/период
Ду<400	221	13 127,4	0,017	78	13 127,4	0,006
Ду≥400÷≤600	67	1 705,7	0,040	14	1 705,7	0,008
Ду>600	21	1 221,4	0,017	5	1 221,4	0,004

Распределение интенсивности повреждений тепловых сетей в 2016 г. в зависимости от года ввода в эксплуатацию (реконструкции) участков представлено в таблице 1.35.

Таблица 1.35 – Интенсивность повреждений тепловых сетей с учетом года ввода в эксплуатацию (реконструкцию) в 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	До 1991 г.	1992-1996 гг.	1997-2001 гг.	2002-2006 гг.	2007-2011 гг.	2012-2016 гг.	Итого
Отопительный период							
Ду<400	86	37	41	37	15	5	221
Ду≥400÷≤600	34	18	10	1	4	-	67
Ду>600	15	3	2	1	-	-	21
Всего	135	58	53	39	19	5	309
Неотопительный период							
Ду<400	25	18	20	6	8	1	78
Ду≥400÷≤600	7	2	4	1	-	-	14
Ду>600	5	-	-	-	-	-	5
Всего	37	20	24	7	8	1	97
Гидравлические и температурные испытания							
Ду<400	871	369	579	387	162	39	2 407
Ду≥400÷≤600	621	184	155	50	29	3	1 042
Ду>600	568	103	49	20	12	12	764
Всего	2 060	656	783	457	203	54	4 213
Итого:	2 232	734	860	503	230	60	4 619

Распределение интенсивности повреждений тепловых сетей за эксплуатационный (отопительный и неотопительный) период в 2016 году в зависимости от года ввода в эксплуатацию (реконструкции) участков представлено на рисунке 1.16.

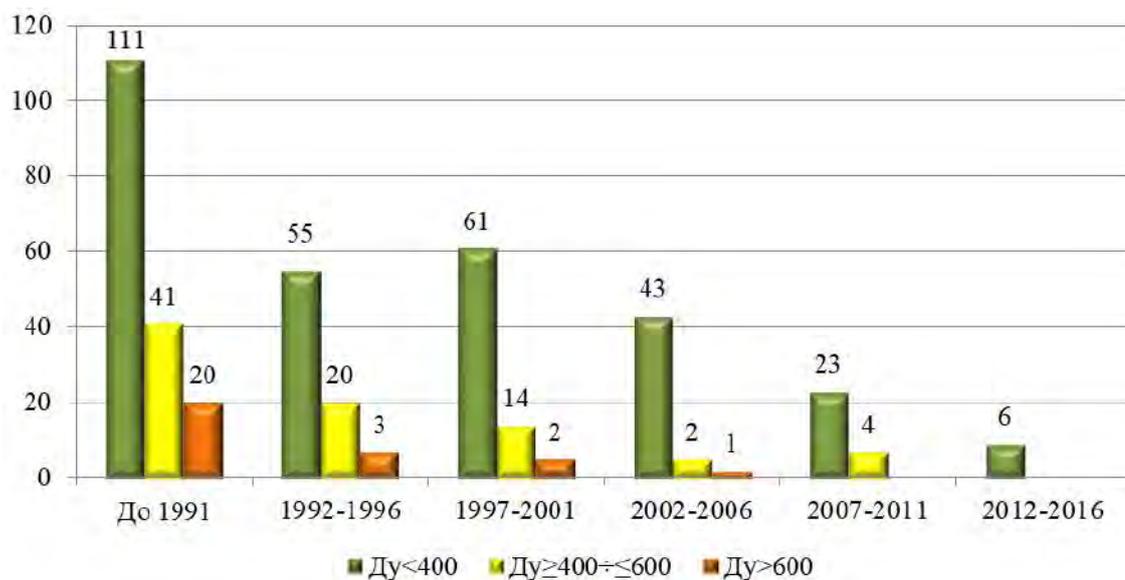


Рисунок 1.16 – Количество повреждений тепловых сетей в эксплуатационный период 2016 г. в зависимости от ввода в эксплуатацию (реконструкцию) участков

Распределение интенсивности повреждений тепловых сетей за период испытаний в 2016 году в зависимости от года ввода в эксплуатацию (реконструкции) участков представлено на рисунке 1.17.

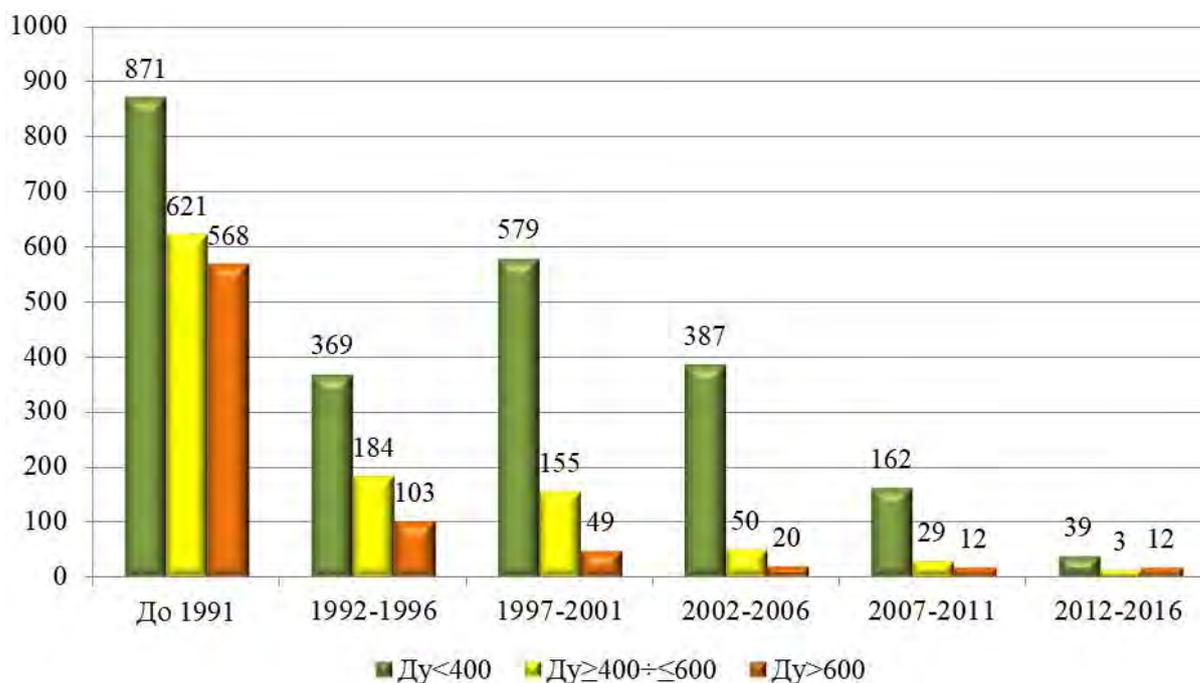


Рисунок 1.17 – Распределение интенсивности повреждений тепловых сетей за период испытаний в 2016 г. в зависимости от года ввода в эксплуатацию (реконструкции) участков

По результатам анализа можно сделать вывод, что наибольшее количество повреждений тепловых сетей происходит на участках, срок службы которых превышает нормативный, равный 25 годам.

На тепловых сетях, введенных в эксплуатацию до 1990 года, в 2016 году за эксплуатационный период (отопительный и неотопительный) выявлено 42,4 % повреждений, во время проведения испытаний тепловых сетей – 48,9 %. Наибольшее количество повреждения произошло на тепловых сетях с диаметром менее 400 мм.

*ООО «ТСК Мосэнерго»*

Данные по интенсивности повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. (периоды эксплуатации и испытаний) приведены в таблице 1.36.

Таблица 1.36 – Интенсивность повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Интенсивность повреждений			
	Отопительный период		Гидравлические и температурные испытания	
	Кол-во	%	Кол-во	%
Ду 50			2	2,47
Ду 70			2	2,47
Ду 80	1	33	5	6,17
Ду 100			9	11,11
Ду 125			7	8,64
Ду 150	2	67	13	16,05
Ду 200			5	6,17
Ду 250			4	4,94
Ду 300			7	8,64
Ду 400			10	12,35
Ду 500			9	11,11
Ду 600			3	3,7
Ду 700			4	4,94
Ду 1200			1	1,23
Всего	3	100	81	100

За эксплуатационный период и во время гидравлических и температурных испытаний в 2016 г. наибольшее количество повреждений произошло на трубопроводах диаметром 150 мм (67 % за отопительный период и 16 % во время проведения испытаний).

Суммарная интенсивность повреждений с учетом разделения тепловых сетей по диаметру на группы Ду<400, Ду≥400÷≤600, Ду>600 представлена в таблице 1.37.

Таблица 1.37 – Интенсивность повреждений тепловых сетей с разделением по диаметру на группы в 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Интенсивность повреждений	
	Отопительный период	Гидравлические и температурные испытания
Ду<400	3	54
Ду≥400÷≤600	0	22
Ду>600	0	5
Всего	3	81

Наибольшее количество повреждений тепловых сетей выявлено на трубопроводах диаметром менее 400 мм, как во время эксплуатационного периода, так и во время проведения испытаний.

Приведенная интенсивность повреждений за эксплуатационный период 2016 года представлена в таблице 1.38.

Таблица 1.38 – Интенсивность повреждений за эксплуатационный период 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Отопительный период		
	Интенсивность повреждений, кол-во	Протяженность тепловых сетей, км	Приведенная интенсивность повреждений 1/км/период
Ду<400	3	131,4	0,02

Распределение интенсивности повреждений тепловых сетей за 2016 год в зависимости от года ввода в эксплуатацию (реконструкции) участков представлено в таблице 1.39.

Таблица 1.39 – Интенсивность повреждений с учетом года ввода в эксплуатацию (реконструкцию) участков тепловых сетей за период 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	До 1991 г.	1992-1996 гг.	1997-2001 гг.	2002-2006 гг.	2007-2011 гг.	2012-2016 гг.	Итого
Отопительный период							
Ду<400	3	-	-	-	-	-	3
Ду≥400÷≤600	-	-	-	-	-	-	0
Ду>600	-	-	-	-	-	-	0
Всего	3	-	-	-	-	-	3
Гидравлические и температурные испытания							
Ду<400	27	15	4	7	1	-	54
Ду≥400÷≤600	9	6	4	3	-	-	22
Ду>600	3	2	-	-	-	-	5
Всего	39	23	8	10	1	-	81
Итого	42	23	8	10	1	-	84

По результатам анализа можно сделать вывод, что наибольшее количество повреждений тепловых сетей происходит на участках, срок службы которых превышает нормативный, равный 25 годам.

На тепловых сетях, введенных в эксплуатацию до 1990 года, в 2016 году за эксплуатационный период (отопительный и неотопительный) выявлено 100 % повреждений,

во время проведения испытаний тепловых сетей – 48 %. Наибольшее количество повреждения произошло на тепловых сетях с диаметром менее 400 мм.

ООО «ТСК Новая Москва»

Данные по интенсивности повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» за период 2016 г. (периоды эксплуатации и испытаний) приведены в таблице 1.40.

Таблица 1.40 – Интенсивность повреждений тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» в 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Интенсивность повреждений					
	Отопительный период		Неотопительный период		Гидравлические и температурные испытания	
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
Ду20	2	0,9	1	0,9		
Ду30	1	0,4	3	2,8		
Ду40	7	3,0	4	3,7		
Ду50	59	25,4	16	15,0	15	13,9
Ду70	5	2,2	4	3,7	3	2,8
Ду80	54	23,3	22	20,6	21	19,4
Ду100	56	24,1	31	29,0	18	16,7
Ду125	11	4,7	2	1,9	5	4,6
Ду130	1	0,4			2	1,9
Ду150	26	11,2	17	15,9	16	14,8
Ду200	7	3,0	4	3,7	12	11,1
Ду250	2	0,9			2	1,9
Ду300			1	0,9	5	4,6
Ду350			2	1,9	1	0,9
Ду400	1	0,4			3	2,8
Ду500					3	2,8
Ду700					1	0,9
Ду800					1	0,9
Итого	232	100	107	100	108	100

За эксплуатационный период и во время гидравлических и температурных испытаний в 2016 году наибольшее количество повреждений произошло на трубопроводах диаметром 80 мм и 100 мм.

Суммарная интенсивность повреждений с учетом разделения тепловых сетей по диаметру на группы Ду<400, Ду≥400÷≤600, Ду>600 представлена в таблице 1.41.

Таблица 1.41 – Интенсивность повреждений с учетом разделения тепловых сетей по диаметру на группы за 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	Интенсивность повреждений		
	Отопительный период	Неотопительный период	Гидравлические и температурные испытания
Ду<400	231	107	100
Ду≥400÷≤600	1	0	6
Ду>600	0	0	2
Всего	232	107	108

Наибольшее количество повреждений возникает на тепловых сетях диаметром менее 400 мм, как во время эксплуатационного периода, так и во время проведения испытаний.

Распределение интенсивности повреждений тепловых сетей за 2016 г. в зависимости от года ввода в эксплуатацию (реконструкции) участков представлено в таблице 1.42.

Таблица 1.42 – Интенсивность повреждений с учетом года ввода в эксплуатацию (реконструкцию) участков тепловых сетей в 2016 г.

Диаметр теплопровода, мм	До 1991 г.	1992-1996 гг.	1997-2001 гг.	2002-2006 гг.	2007-2011 гг.	2012-2016 гг.	Итого
Отопительный период							
Ду<400	136	59	21	14	1	-	231
Ду≥400÷≤600	1	-	-	-	-	-	1
Ду>600	-	-	-	-	-	-	0
Всего	137	59	21	14	1	-	232
Неотопительный период							
Ду<400	79	19	4	2	3	-	107
Ду≥400÷≤600	-	-	-	-	-	-	0
Ду>600	-	-	-	-	-	-	0
Всего	79	19	4	2	3	-	107
Гидравлические и температурные испытания							
Ду<400	73	21	3	3	-	-	100
Ду≥400÷≤600	5	1	-	-	-	-	6
Ду>600	2	-	-	-	-	-	2
Всего	80	22	3	3	-	-	108
Итого	296	100	28	19	4	-	447

По результатам анализа можно сделать вывод, что наибольшее количество повреждений тепловых сетей происходит на участках, срок службы которых превышает нормативный, равный 25 годам.

В 2016 г. 63,7 % повреждений тепловых сетей, выявленных в эксплуатационный период и 74,1% повреждений тепловых сетей, выявленных при проведении испытаний тепловых сетей, произошли на трубопроводах, введенных в эксплуатацию до 1990 г.

Наибольшее количество повреждений произошло на тепловых сетях с диаметром менее 400 мм.

## **2 Описание существующих технических и технологических проблем в системах теплоснабжения**

### **2.1 Существующие проблемы организации качественного теплоснабжения**

В соответствии с законом от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении» качество теплоснабжения - это совокупность установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации и (или) договором теплоснабжения характеристик теплоснабжения, в том числе термодинамических параметров теплоносителя.

Теплоэнергетическое хозяйство города Москвы обеспечивает в целом надежное, экологически приемлемое и экономически доступное теплоснабжение населения и промышленности города.

За последние семь лет в Москве не отмечено недопустимых ограничений подачи тепла, существенно сократился расход жидкого топлива (расход мазута в 2016 г. составил около 0,2 % от разрешенного объема сжигания), рост тарифа на производимую тепловую энергию соответствовал росту стоимости природного газа и инфляции.

Реализуемая в регионе политика энергосбережения более 10 лет стабилизирует годовое тепло- и газопотребление города на уровнях соответственно ~100 млн Гкал и 24 ÷ 25 млрд м<sup>3</sup> при росте жилого и нежилого фонда на ~20 %.

Неиспользованный потенциал повышения энергоэффективности производства тепла и электроэнергии составляет 1,5 млн т у.т., а в сфере потребления тепла – 3,4 млн т у.т.

В 2016 г. ~80 % тепловых нагрузок города в горячей воде обеспечивалось источниками ПАО «Мосэнерго», ~ 6 % - источниками ПАО «МОЭК», 2 % - ООО «ТСК Мосэнерго, 1 % - источниками ООО «ТСК Новая Москва», 1 % - когенерационными источниками других организаций, ~ 10 % - котельными других организаций.

По состоянию на 01.01.2017 установленная тепловая мощность источников тепловой энергии (с учетом ТЭЦ-22 и ТЭЦ-27), участвующих в теплоснабжении города, составила 60 134 Гкал/ч, тепловая мощность в горячей воде (нетто) - 54 221 Гкал/ч, фактическая присоединенная тепловая нагрузка потребителей в горячей воде - 33 273 Гкал/ч. При этом избыток тепловой мощности источников составляет 20 948 Гкал/ч.

Избыточная установленная тепловая мощность приводит к дополнительным затратам на их содержание и в конечном итоге к увеличению отпускных тарифов на тепло.

*Проблемы эффективности работы системы теплоснабжения города*

Качественное, экономически доступное теплоснабжение в значительной степени обеспечивается эффективностью работы теплоисточников.

Эффективность топливоиспользования на отдельных городских ТЭЦ (ТЭЦ-8, ТЭЦ-9) на протяжении более десяти последних лет существенно ниже средней эффективности по ПАО «Мосэнерго» (Москва). Основной причиной снижения тепловой экономичности на этих ТЭЦ являются конфигурация основного генерирующего оборудования, приводящая к работе станций с неоптимальным (завышенным) коэффициентом теплофикации. За 2016 г. данная проблема отмечается так же на ТЭЦ-11.

Эффективность топливоиспользования при производстве тепловой энергии различна на отдельных ТЭЦ. Наибольшие превышения удельного расхода условного топлива на отпущенную тепловую энергию относительно среднего показателя отмечаются на ТЭЦ-8, ТЭЦ-20, ТЭЦ-22 и ТЭЦ-25, что указывает на имеющийся резерв повышения экономичности на этих станциях.

Загрузка теплофикационного оборудования по теплу существенно отличается на отдельных ТЭЦ. Низкая загрузка теплофикационного оборудования по теплу отмечается на ТЭЦ-16, ТЭЦ-20 и ТЭЦ-27 (рисунок 2.1), что отчасти обусловлено установленными на этих станциях парогазовыми энергоблоками, которые характеризуются высоким относительно паросилового оборудования коэффициентом использования электрической мощности и высокими значениями удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении. Тем не менее, повышение тепловой присоединенной нагрузки на этих ТЭЦ, а также на ТЭЦ-12 и ТЭЦ-26, может рассматриваться как резерв повышения топливной экономичности.

Низкая топливная экономичность группы оборудования «ПТУ 90 ата», установленного на ТЭЦ-16 и ТЭЦ-20 снижает энергоэффективность этих станций, однако на ТЭЦ-16 в 2017 г. эта группа оборудования окончательно выведена из эксплуатации, на ТЭЦ-20 в 2017 г. выведена частично и согласно планам ПАО «Мосэнерго» окончательный вывод намечается на 2020 г.

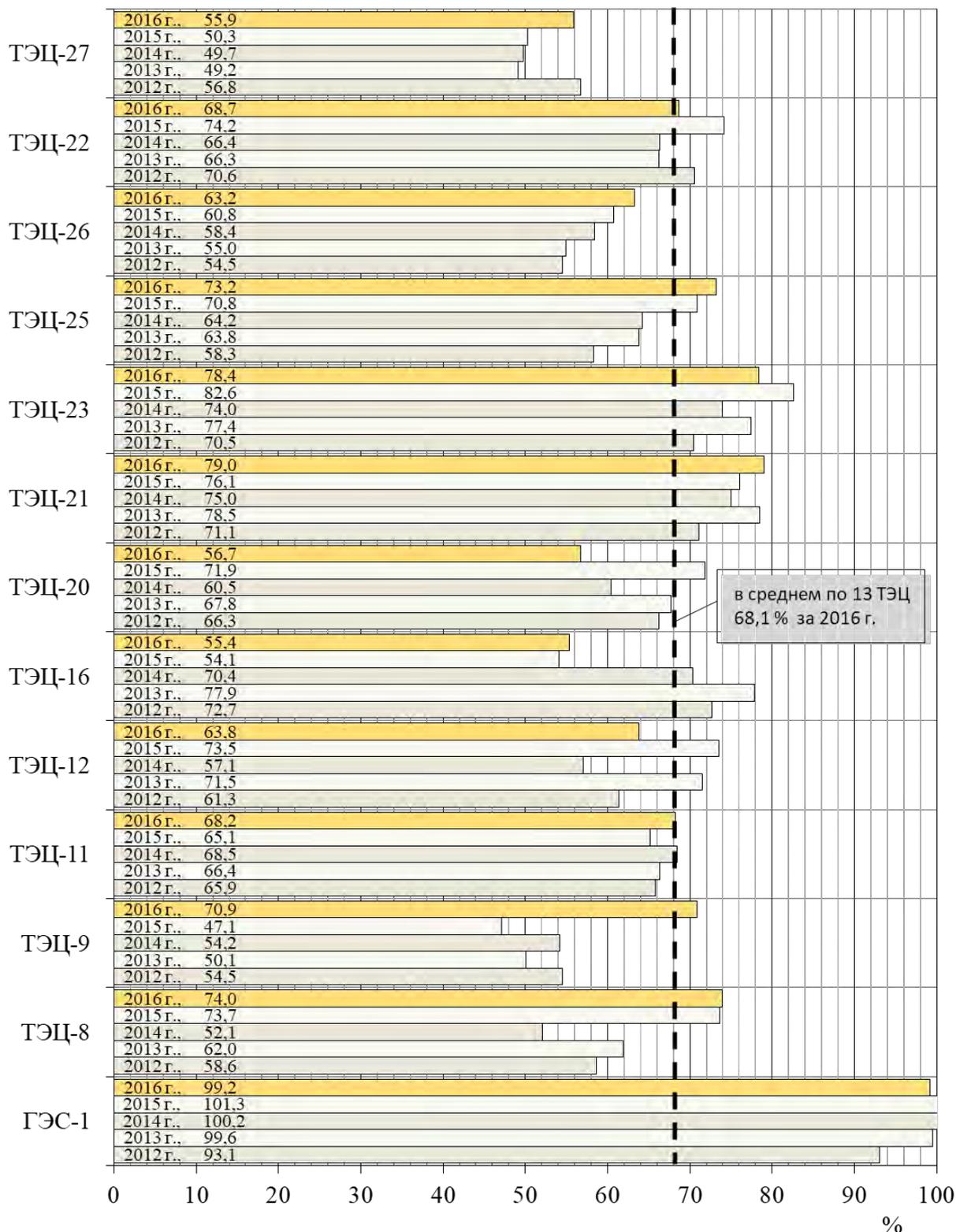


Рисунок 2.1 – Загрузка теплофикационного оборудования по теплу (100\*К исп тепловой уст. мощности. / К исп электрической уст. мощности) при работе ТЭЦ ПАО «Мосэнерго» за 2012-2016 гг.

На теплоисточниках ПАО «МОЭК» по причине необоснованно завышенных договорных тепловых нагрузок введено оборудование избыточной тепловой мощностью, завышенной почти в 2 раза. В результате основное оборудование загружено в среднем на 48,8 %, что является причиной дополнительных условно-постоянных затрат и удорожания эксплуатации теплоисточников.

Работа системы теплоснабжения осуществляется по температурным графикам центрального качественно-количественного регулирования отпуска тепла от:

- ТЭЦ – 150/70 °С с административной срезкой на 130 °С;
- РТС, РТЭС и части КТС (КТС «Акулово» (1,2), КТС «Дубининская», КТС «Покровское – Стрешнево», КТС – 11, 18, 24, 26, 54) – 150/70 °С также со срезкой на 130 °С;
- КТС – 130 / 70 °С и 95/70 °С;
- МК – 95/70 °С.

Однако продолжительный опыт работы системы теплоснабжения в городе Москва свидетельствует о том, что температурная срезка не приводит к существенным негативным последствиям в связи с:

- малой общей продолжительностью периода похолоданий (менее 2 суток) при достаточно большой теплоаккумулирующей способности зданий (порядка 48 ÷ 50 ч);
- естественным (без участия персонала) увеличением расхода сетевой воды на абонентские вводы.

Сдерживающими факторами повышения температур теплоносителя являются гидравлические условия работы тепловых сетей, а также механическая прочность оборудования (теплопроводов, теплоизоляции, арматуры, насосов, подогревателей, приборов).

Системы теплоснабжения котельных ООО «ТСК Новая Москва», расположенных на присоединенных территориях, проектировались на центральное качественно-количественное регулирование. Проектные температурные графики 95/70 °С, 105/70 °С, 130/70 °С на большинстве котельных не выдерживаются. Данная ситуация сложилась вследствие невозможности выдерживать проектные параметры работы оборудования из-за износа основного оборудования котельных (котлы) и тепловых сетей. При этом теплоснабжение потребителей в необходимых нормативных величинах возможно лишь за счет увеличения фактического объема теплоносителя в тепловых сетях по сравнению с нормативными значениями, а также увеличения поверхностей нагрева теплообменных аппаратов и нагревательных приборов у потребителей.

На большинстве котельных, эксплуатируемых более 20 – 30 лет, отсутствует автоматика регулирования, необходимая для эффективной работы котельного оборудования, не установлены приборы учета по производству и отпуску тепловой энергии.

## **2.2 Существующие проблемы организации надежного и безопасного теплоснабжения города**

Надежность теплоснабжения определяется, как способность системы теплоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения при полном соблюдении условий безопасности для людей и окружающей среды. Надежность характеризуется вероятностью безотказной работы, коэффициентом готовности и живучестью системы (СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003).

Надежность энергоснабжения населения регламентируется нормативными и правовыми актами, к важнейшим из которых относится постановление Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов». Этим постановлением определены требования к качеству и надежности (бесперебойности) предоставления коммунальных услуг гражданам в части холодного и горячего водоснабжения, водоотведения, электроснабжения, отопления и газоснабжения.

Надежность всей системы теплоснабжения определяется надежностью ее элементов (теплоисточника, тепловых сетей, вводов, систем отопления и горячего водоснабжения), а также надежностью ее структуры – наличием резервных тепловых мощностей, резервных перемычек в тепловых сетях и др.

Однако обеспечение надежности и живучести в энергетике и газоснабжении мероприятие достаточно капиталоемкое и затратное.

Обеспечение 100 % подачи тепла потребителям при выходе из строя только одного наиболее крупного агрегата на теплоисточники обходится в 25-30 % увеличения инвестиций.

Резервирование (кольцевание) тепловых сетей увеличивает их стоимость не менее чем на 35-50 %.

Из всех возможных способов и методов повышения надежности систем энергоснабжения в первую очередь должны быть рассмотрены и использованы мероприятия, обеспечивающие сопряженный и мультипликативный эффект экономии топлива при производстве и транспорте тепла и электроэнергии.

Классическим примером такого мероприятия является капитальный ремонт зданий со снижением отопительной тепловой нагрузки около 30 %. Помимо экономии топлива на отпуск тепла это обеспечивает:

- возможность присоединения к существующим тепловым сетям дополнительных абонентов;

- перевод действующих систем отопления реконструируемых зданий на пониженный температурный график (75/50<sup>0</sup>С) без капиталовложений в новые отопительные приборы и трубопроводы;

- получение дополнительного топливного эффекта на ТЭЦ за счет снижения температуры отвода тепла из цикла;

- повышение теплоаккумулирующей способности зданий около 30 %, что увеличивает интервал времени на охлаждение помещений и обеспечивает возможность проведения ремонтных работ без снижения температур в помещениях до недопустимых величин ( $\leq 8$  °С).

Анализ существующей системы теплоснабжения с учетом отмеченных способов резервирования и критериев надежности тепловых сетей (СНиП 41-02-2003 Тепловые сети) - вероятности безотказной работы системы теплоснабжения  $P = 0,86$  и коэффициента готовности  $K_{гс} = 0,97$  - показал, что критерии надежности, как правило, выше нормативных и позволяют увеличивать протяженность даже тупиковых участков при перспективном строительстве.

Основными проблемами надежности системы теплоснабжения города Москвы являются:

- возраст генерирующего оборудования источников, в составе которого более 50 % установленной мощности выработало парковый ресурс и эксплуатируется с продленным назначенным ресурсом;

- отсутствие резервного (аварийного) топлива на действующих крупных котельных, РТС, КТС (раздел 2.4 данной книги);

- эксплуатация открытых систем теплоснабжения в ряде районов Зеленоградского, Северного, Восточного административных округов при действующих закрытых системах;

- эксплуатация газовых подвальных котельных в основном в Центральном округе, что запрещено нормативными документами (СНиП II-35-76 «Котельные установки»). Около 8 % малых котельных ПАО «МОЭК», всего 6 котельных, являются подвальными;

- наличие зон потребления, не имеющих сетевого резервирования (район Южное и Северное Тушино, район Строгино).

Средневзвешенный срок эксплуатации и наработка основного оборудования ТЭЦ ПАО «Мосэнерго», участвующих в теплоснабжении города, по состоянию на 01.01.2017 составили: для паровых турбин – 30 лет и 200 тыс. часов, для энергетических котлов – 42,5 года и 270 тыс. часов, для пиковых водогрейных котлов – 39 лет.

Установленная мощность паротурбинного оборудования, выработавшего парковый ресурс и работающего с продленным индивидуальным ресурсом, составляет:

- электрическая мощность 5 220 МВт (около 43 % от суммарной мощности 13 ТЭЦ);
- тепловая мощность 8 091 Гкал/ч (около 24 % от суммарной мощности 13 ТЭЦ и 48 % от суммарной тепловой мощности теплофикационного оборудования).

В ближайшей перспективе, после 2021 г, будет нарастать проблема выработки паркового ресурса сверхкритических (СКР) энергоблоков с паровыми турбинами Т-250 и Т-240, составляющих основу парка генерирующего оборудования ПАО «Мосэнерго». В период до 2032 г. потребуются реконструкция не менее 6 таких энергоблоков, установленных на ТЭЦ-21, ТЭЦ-22, ТЭЦ-23.

Из 92 энергетических котлов, установленных на 13 рассматриваемых ТЭЦ ПАО «Мосэнерго», 61 котел эксплуатируется с продленным сроком службы, причем на 21 котле фактическая наработка превышает парковый ресурс ресурсопределяющих элементов более чем на 100 тысяч часов.

Средневзвешенный срок эксплуатации котлов на котельных ПАО «Мосэнерго» составил на 01.01.2017 всего 22 года. Из 113 котлов, установленных на этих котельных, на 48 котлах (32,7 % от суммарной установленной мощности котельных) выработан установленный изготовителем срок службы. Из них на 21 котле (1 260 Гкал/ч, 12,2 %), установленных на РТС "Коломенская", РТС "Красная Пресня", КТС-18, КТС-405 "Стандартная", КТС "Северная", РТС "Ростокино", РТС "Бабушкино-1", РТС "Теплый Стан" превышение фактического срока службы относительно установленного составляет более 20 лет. На 6 котлах на КТС-405 "Стандартная" и РТС "Бабушкино-1" фактический срок эксплуатации составил 52-57 лет.

Средневзвешенный срок эксплуатации в целом по основному оборудованию ПАО «МОЭК» на 01.01.2017 составил 14,2 года. В целом по источникам ПАО «МОЭК» около 24 % установленной мощности находится в эксплуатации с продленным сроком службы, более 75 % мощности потребуются проведение мероприятий на расчетный период до 2032 г. по продлению ресурса.

На источниках ООО «ТСК Мосэнерго» 13,5 % установленной мощности основного оборудования находится в эксплуатации с продленным сроком службы, ООО «ТСК Новая Москва» - около 80 %, потребуются проведение мероприятий на расчетный период до 2032 г. по продлению ресурса.

На котельных других организаций, составляющих ~ 83 % от общего количества котельных и около 38 % от суммарной установленной мощности котельных, котлы введены в эксплуатацию в период 1953 – 1981 гг., малоэффективны, морально устарели и физически изношены, требуют замены или реконструкции.

*Тепловые сети*

*ПАО «МОЭК»*

Во время эксплуатационного периода (отопительный и неотопительный) в 2016 г. выявлено и устранено 406 повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК», что на 10 % меньше, чем в 2015 г. (445 повреждений).

Наибольшая удельная повреждаемость тепловых сетей от ТЭЦ во время эксплуатационного периода в 2015 и в 2016 гг. также была зафиксирована на тепловых сетях от ТЭЦ-22 и ТЭЦ-23, РТС «Внуково», РТС «Тушино-4» и КТС – 54.

Основным типом повреждений трубопроводов тепловых сетей являлась наружная коррозия (порядка 80 %). В результате улучшения водно-химического режима и эксплуатации тепловых сетей, а также использования современных теплопроводов, снизилась интенсивность внутрикоррозионных процессов. Количество выявленных повреждений, связанных с внутренней коррозией, сократилось с 84 в 2015 г. до 25 в 2016 г.

Очевидно, что за последние годы происходит снижение повреждаемости в результате улучшения водно-химического режима и эксплуатации тепловых сетей, а также использования современных теплопроводов.

Удельная повреждаемость тепловых сетей ПАО «МОЭК» в период эксплуатации (отопительный и неотопительный периоды) в 2016 г. составила 0,025 повреждений на 1 км трубопровода.

Во время проведения гидравлических испытаний в 2016 г. выявлено и устранено 4 213 повреждений тепловых сетей ПАО «МОЭК», что на 8,2 % больше, чем в 2015 г. (3 869 повреждений).

*ООО «ТСК Мосэнерго»*

Во время эксплуатационного периода (отопительный и неотопительный) на тепловых сетях ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. выявлено и устранено 3 повреждения (из которых 2 повреждения тепловых сетей от РТЭС-3 и 1 - от РТС-2), для сравнения: в 2015 г. - 2 повреждения. Однако, в 2016 г. по сравнению с предыдущим 2015 г. уменьшилось количество повреждений по причине наружной коррозии с 2 до 0.

Удельная повреждаемость тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в период эксплуатации (отопительный и неотопительный периоды) в 2016 г. составила 0,008 повреждений на 1 км.

Во время проведения гидравлических испытаний тепловых сетей ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. выявлено и устранено 81 повреждение тепловых сетей, что на 23 % меньше, чем в 2015 г. (105 повреждений).

Наибольшее количество повреждений во время проведения гидравлических испытаний в 2015 году было зафиксировано на тепловых сетях от РТС-1 (31,4 %) и РТС-2 (26,7 %), а в 2016 году на РТС-4 (30,9 %).

*ООО «ТСК Новая Москва»*

Во время эксплуатационного периода (отопительный и неотопительный) в 2016 г. выявлено и устранено 338 повреждений тепловых сетей.

Удельная повреждаемость тепловых сетей ООО «ТСК Новая Москва» в период эксплуатации (отопительный и неотопительный периоды) в 2016 г. составила 0,5 повреждений на 1 км.

Во время проведения гидравлических испытаний в 2016 г. выявлено и устранено 108 повреждений тепловых сетей.

По результатам анализа можно сделать вывод: наибольшее количество повреждений тепловых сетей происходит на участках, срок службы которых превышает нормативный, равный 25 годам.

Наибольшее количество повреждений возникает на тепловых сетях диаметром менее 400 мм, как во время эксплуатационного периода, так и во время гидравлических и температурных испытаний. Тепловые сети диаметром более 600 мм наименее подвержены повреждениям, что связано со сроком эксплуатации, способом прокладки, контролем за состоянием тепловых сетей.

Аварий на тепловых станциях, тепловых сетях и тепловых пунктах в процессе эксплуатации в 2016 г. не было.

Анализ температурных графиков на отопительный период 2016-2017 гг. показал, что при расчётной температуре наружного воздуха температура сетевой воды от ТЭЦ в подающем трубопроводе составляла в диапазоне 129-131 °С при проектном температурном графике 150/70 °С, от РТС в подающем трубопроводе – 108 – 131 °С (температурный график 150/70 °С), от КТС ПАО «МОЭК» – 104-106 °С (температурный график 130/70 °С) и 95,3-96,4 °С (температурный график 115/70 °С), от КТС и МК ООО «ТСК Новая Москва» - 66-81 °С (температурный график 115/70 °С).

Снижение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе компенсируется увеличением расхода сетевой воды, вследствие чего может возникнуть нарушение гидравлического режима работы тепловых сетей и отрицательно повлиять на качество и надёжность теплоснабжения потребителей.

### **2.3 Существующие проблемы развития систем теплоснабжения**

Планируемое на перспективу до 2032 г. крупномасштабное развитие города не приведет к значительному пропорциональному росту годового теплопотребления благодаря намечаемым и проводимым мероприятиям по энергосбережению.

В условиях дефицита генерирующих мощностей в Московской области дальнейшее развитие тепло- и электроснабжения г. Москвы предлагается осуществлять исходя из необходимости ограничения годового расхода природного газа в городе на уровне  $\leq 32$  млрд м<sup>3</sup> и минимизации расхода газа во всем Московском регионе  $\leq 50$  млрд м<sup>3</sup> за счет:

- обеспечения сбалансированности города по электрическим и тепловым нагрузкам с исключением дефицитов тепловой и электрической мощности, так же, как и производства избыточной для города электроэнергии;

- кардинального повышения уровня тепловой экономичности существующего и вновь вводимого теплофикационного оборудования;

- оптимизация и минимизация затрат на теплоснабжение при максимально возможном использовании резервов мощности источников теплоснабжения с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии путем присоединения новых потребителей и переключения существующих потребителей котельных.

### **2.4 Существующие проблемы надежного и эффективного снабжения топливом действующих систем теплоснабжения**

Основным видом топлива, используемого для производства электрической и тепловой энергии, практически для всех источниках тепловой энергии города Москвы является природный газ (99,6 %).

Газоснабжение всех ТЭЦ ПАО «Мосэнерго» (за исключением ТЭЦ-9, ТЭЦ-8) и двух источников комбинированной выработки электрической тепловой энергии других организаций (ТЭЦ ЗИЛ и ТЭС «Международная», на ТЭЦ ЗИЛ теплофикационное оборудование выведено из эксплуатации в 2017 г.), организовано по двум газопроводам.

Основными проблемами надежного и эффективного снабжения топливом являются:

- отсутствие жидкого аварийного или резервного топлива на котельных ПАО «Мосэнерго», источниках ПАО «МОЭК», ООО «ТСК Мосэнерго», источниках ООО «ТСК Новая Москва» (кроме котельных: КТС-1 «Московский», МК «ДРП-3» и МК «Минзаг») и источниках комбинированной выработки электрической и тепловой энергии других организаций;

- газоснабжение РТС ПАО «МОЭК» осуществляется по одному газопроводу, что не обеспечивает требуемого уровня надежности топливоснабжения.

## **2.5 Анализ предписаний надзорных органов об устранении нарушений, влияющих на безопасность и надежность системы теплоснабжения**

Согласно установленному порядку все ТЭЦ и котельные города, а также энергокомпании в целом получают паспорта готовности к обеспечению электрических и тепловых нагрузок в осенне-зимний период (ОЗП). В период подготовки к ОЗП выполняются мероприятия в соответствии с «Программой подготовки к ОЗП», согласованной с Ростехнадзором и составленной с учетом предписаний Ростехнадзора и других надзорных органов.

Мероприятия касаются поддержания в нормативном состоянии основного и вспомогательного оборудования, обеспечения высокого профессионального уровня персонала и его противоаварийной подготовки, создания нормативных запасов топлива.

Теплоснабжающие организации Москвы получили паспорта готовности и были допущены к работе в ОЗП 2015 - 2016 гг.

Предписания надзорных органов по запрещению эксплуатации оборудования ПАО «Мосэнерго» в 2015 г. и 2016 г. не выдавались.

За 2016 г. на ТЭЦ ПАО «Мосэнерго» отказов основного оборудования не было, в 2015 г. произошло 2 аварии и выполнено 2 восстановления работы оборудования на ТЭЦ-9 (останов ЭК ст. № 4, 8, и ст. ТА № 1, 5, 7) по причине неисправности электротехнического оборудования электростанции и ТЭЦ-23 (останов ПВК ст. № 2, 11, 12,13) из-за повреждения прямого трубопровода сетевой воды нижнего коллектора ПВК 6-15 станции. На котельных ПАО «Мосэнерго» в 2016 г. также произошло 2 аварии и выполнено 2 восстановления работы основного оборудования на РТС «Южное Бутово» ТЭЦ-26 (ВК ст. № 2, 3) и РТС «Крылатское» ТЭЦ-25 (ВК ст. № 1, 3, 5) по причине прекращения подачи газа из-за снижения давления и нарушений порядка работы подрядных организаций. При этом в 2015 г. произошло 6 аварий и выполнено 6 восстановлений работы оборудования котельных ПАО «Мосэнерго» на РТС «Южное Бутово» ТЭЦ-26 (1/1), РТС «Рублево» ТЭЦ-25 (2/2), КТС-11А ТЭЦ-16 (2/2) и РТС «Коломенская» ТЭЦ-8 (1/1) из-за неисправности работы вспомогательного электротехнического и тепломеханического оборудования.

Предписания надзорных органов по запрещению эксплуатации оборудования источников тепловой энергии ПАО «МОЭК» в 2015 г. и 2016 г. не выдавались.

За 2016 г. на источниках тепловой энергии ПАО «МОЭК» произошло 29 отказов и выполнено 29 восстановлений работы основного оборудования, что на 13 отказов меньше чем в 2015 г. Более 48 % отказов за 2016 г. произошло на АИТ района «Куркино» (14 отказов).

Основными причинами отказов основного оборудования источников тепловой энергии ПАО «МОЭК» является негерметичность котлов.

Предписания надзорных органов по запрещению эксплуатации оборудования источников тепловой энергии ООО «ТСК Мосэнерго» не выдавались и отказов основного оборудования в период эксплуатации 2015 г. и 2016 г. не было.

Предписания надзорных органов по запрещению эксплуатации оборудования источников тепловой энергии ООО «ТСК Новая Москва» в 2015 г. и 2016 г. не выдавались.

За 2016 г. на источниках тепловой энергии ООО «ТСК Новая Москва» произошло 655 отказов и выполнено 655 восстановлений работы основного оборудования, что на 78 отказов больше чем в 2015 г.

Основными причинами отказов основного оборудования источников тепловой энергии ООО «ТСК Новая Москва» является отключение электроэнергии (82 %).

Предписания надзорных органов по запрещению дальнейшей эксплуатации когенерационных источников других организаций в период эксплуатации 2015 г. и 2016 г. не выдавались.

На когенерационных источниках других организаций – ТЭЦ ЗИЛ, ТЭЦ МЭИ, ПГУ ТЭС «Терешково» - отказов основного оборудования в период эксплуатации 2015 г. и 2016 г. не было.

На ГТЭС «Коломенское» за 2016 г. произошло 6 отказов и выполнено 6 восстановлений работы основного оборудования (в 2015 г. – 1 отказ), на ТЭС «Международная» за 2016 г. произошло 2 отказа (без прекращения теплоснабжения потребителей) и выполнено 2 восстановления работы основного оборудования (в 2015 г. – 2 отказа).

Для котельных других организаций города в 2015 г. и 2016 г. предписания надзорных органов по запрещению дальнейшей эксплуатации не выдавались.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надежность теплоснабжения определяется, как способность системы теплоснабжения обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения при полном соблюдении условий безопасности для людей и окружающей среды. Надежность характеризуется вероятностью безотказной работы, коэффициентом готовности и живучестью системы (СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003).

Вероятность безотказной работы системы – это способность системы не допускать отказов, приводящих к снижению температуры воздуха в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже уровня, установленного нормативами.

Коэффициент готовности системы – это вероятность работоспособного состояния системы в произвольный момент времени поддерживать в отапливаемых помещениях расчетную внутреннюю температуру.

Живучесть системы – это способность системы сохранять свою работоспособность в аварийных условиях, а также после длительных остановов (более 54 часов).

Результаты расчета показателей надежности теплоснабжения, проведенные по тепловым выводам от характерных источников тепловой энергии, показали, что значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей находится в диапазоне  $0,878871 \div 0,999996$ , значение коэффициента готовности системы к теплоснабжению потребителя находится в диапазоне  $0,996107 \div 0,999951$ . Таким образом, уровень надёжности теплоснабжения потребителей соответствует нормативным требованиям.

В тепловых сетях ПАО «МОЭК» в 2016 г. выявлено 4 645 повреждений, из них за эксплуатационный период - отопительный и неотапливаемый - 309 и 97 повреждений соответственно.

Наибольшее количество повреждений выявляется в периоды гидравлических и температурных испытаний тепловых сетей. Так, в 2016 г. при испытаниях тепловых сетей с  $Dу > 600$  мм выявлено 764 повреждения, а всего за год выявлено 4239 повреждений, на тепловых сетях с  $Dу < 400$  мм – 2 433, с  $Dу \geq 400 \div \leq 600$  мм – 1 042. В 2016 г. во время проведения гидравлических испытаний в тепловых сетях ПАО «МОЭК» выявлено на 9 % больше повреждений, чем в 2015 г. (3 869 повреждение вместо 3 408).

За эксплуатационный (отапливаемый и неотапливаемый) период на тепловых сетях с  $Dу < 400$  мм выявлено 299 повреждений, с  $Dу \geq 400 \div \leq 600$  мм – 81, с  $Dу > 600$  – 26.

В целом за 2016 год причинами повреждений для тепловых сетей ПАО «МОЭК» являются: внутренняя коррозия - 336 повреждения, наружная коррозия – 3 862, некоррозионные повреждения – 447.

Наибольшая доля повреждений участков трубопроводов приходится на наружную коррозию (83 %), вызванную неудовлетворительной работой дренажных систем и состоянием каналов и тепловых камер по причине затопления их водой. Согласно проведенному анализу коррозионным повреждениям наиболее подвержены трубопроводы диаметром Ду200.

Наибольшее количество повреждений за годовой период эксплуатации (отопительный и неотопительный периоды) фиксируется на прямых участках трубопроводов, которое в 2016 г. составило примерно 93,8 % от общего количества.

Зафиксированы также следующие виды некоррозионных повреждений: свищ, разрыв, дефекты арматуры и компенсаторов, повреждения спускников, воздушников и сварных, фланцевых соединений.

Согласно предоставленным ПАО «МОЭК» сведениям среднее время, затраченное на восстановление теплоснабжения потребителей без учета гидравлических испытаний, составило: для участков тепловых сетей с Ду<400 мм – 3,7 часа, для участков тепловых сетей с Ду≥400÷≤600 – 5,0 часов, для участков тепловых сетей с Ду>600 мм – 6,2 часа.

В тепловых сетях ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. выявлено 84 повреждений, из них за эксплуатационный период - отопительный и неотопительный - 3 и 0 повреждений соответственно.

Во время эксплуатационного периода (отопительный и неотопительный) на тепловых сетях ООО «ТСК Мосэнерго» в 2016 г. выявлено и устранено 3 повреждения, для сравнения: в 2015 г. - 2 повреждения. Однако, в 2016 г. по сравнению с предыдущим 2015 г. уменьшилось количество повреждений по причине наружной коррозии с 2 до 0.

Анализ данных по интенсивности повреждений за 2016 г. по тепловым сетям ПАО «МОЭК», ПАО «Мосэнерго» показывает, что интенсивность повреждений выше на тепловых сетях, срок службы которых превышает нормативный, равный 25 годам.

#### *Проблемы теплоснабжения*

Теплоэнергетическое хозяйство Москвы обеспечивает в целом надежное, экологически приемлемое и экономически доступное теплоснабжение всех групп потребителей города. В то же время системе теплоснабжения города присущи ряд проблем, связанных как с эффективностью теплоснабжения, так и с его надежностью.

Основными проблемами теплоснабжения города Москвы являются:

1 Состояние парка генерирующего оборудования источников тепловой энергии, в составе которого эксплуатируется с назначенным ресурсом значительное количество устаревшего, выработавшего свой парковый ресурс оборудования, подлежащего в ближайшей перспективе замене или серьезной реконструкции с привлечением существенных объемов инвестиций:

а) средневзвешенный срок эксплуатации основного оборудования ТЭЦ ПАО «Мосэнерго» на 01.01.2017 составил: для паровых турбин - 30 лет, для энергетических котлов – 42,5 года, для пиковых водогрейных котлов – 39 лет;

б) установленная мощность паротурбинного оборудования, выработавшего парковый ресурс, составила:

1) 5 220 МВт или 42,7 % от суммарной электрической мощности рассматриваемых 13 ТЭЦ, участвующих в теплоснабжении г. Москвы;

2) 8 091 Гкал/ч или 48 % от суммарной тепловой мощности теплофикационного оборудования ТЭЦ и 24,5 % суммарной мощности ТЭЦ.

2 Высокие удельные расходы топлива на производство электрической и тепловой энергии на отдельных городских ТЭЦ, обусловленные:

а) недогрузкой ТЭЦ (ТЭЦ-8, ТЭЦ-16, ТЭЦ-20, ТЭЦ-25, ТЭЦ-27) по теплу по причине недостаточности присоединенных тепловых нагрузок в горячей воде и значительного сокращения промышленных потребителей перегретого пара. Низкая загрузка теплофикационных отборов паровых турбин ТЭЦ приводит к вынужденной работе турбоагрегатов без утилизации сбросного тепла (конденсационный режим);

б) конфигурацией основного оборудования на ТЭЦ-8, ТЭЦ-9 ПАО «Мосэнерго», приводящей к неоптимальным режимам работы станций с завышенным коэффициентом теплофикации.

3 Отсутствие резервного (аварийного) топлива на действующих крупных котельных, РТС, КТС.

4 Эксплуатация открытых систем теплоснабжения в Зеленоградском и Восточном административных округах при действующих закрытых системах.

5 Наличие зон потребления, не имеющих сетевого резервирования (район Южное и Северное Тушино, район Строгино).

Предписания надзорных органов по запрещению эксплуатации оборудования источников тепловой энергии ПАО «Мосэнерго», ООО «ТСК Мосэнерго», ПАО «МОЭК», ООО «ТСК Новая Москва», а также оборудования когенерационных источников других организаций в период эксплуатации 2015 г. и 2016 г. не выдавались.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **Расчет вероятности безотказной работы тепловых сетей**

#### **А.1 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей**

##### **ГЭС-1 ПАО «Мосэнерго»**

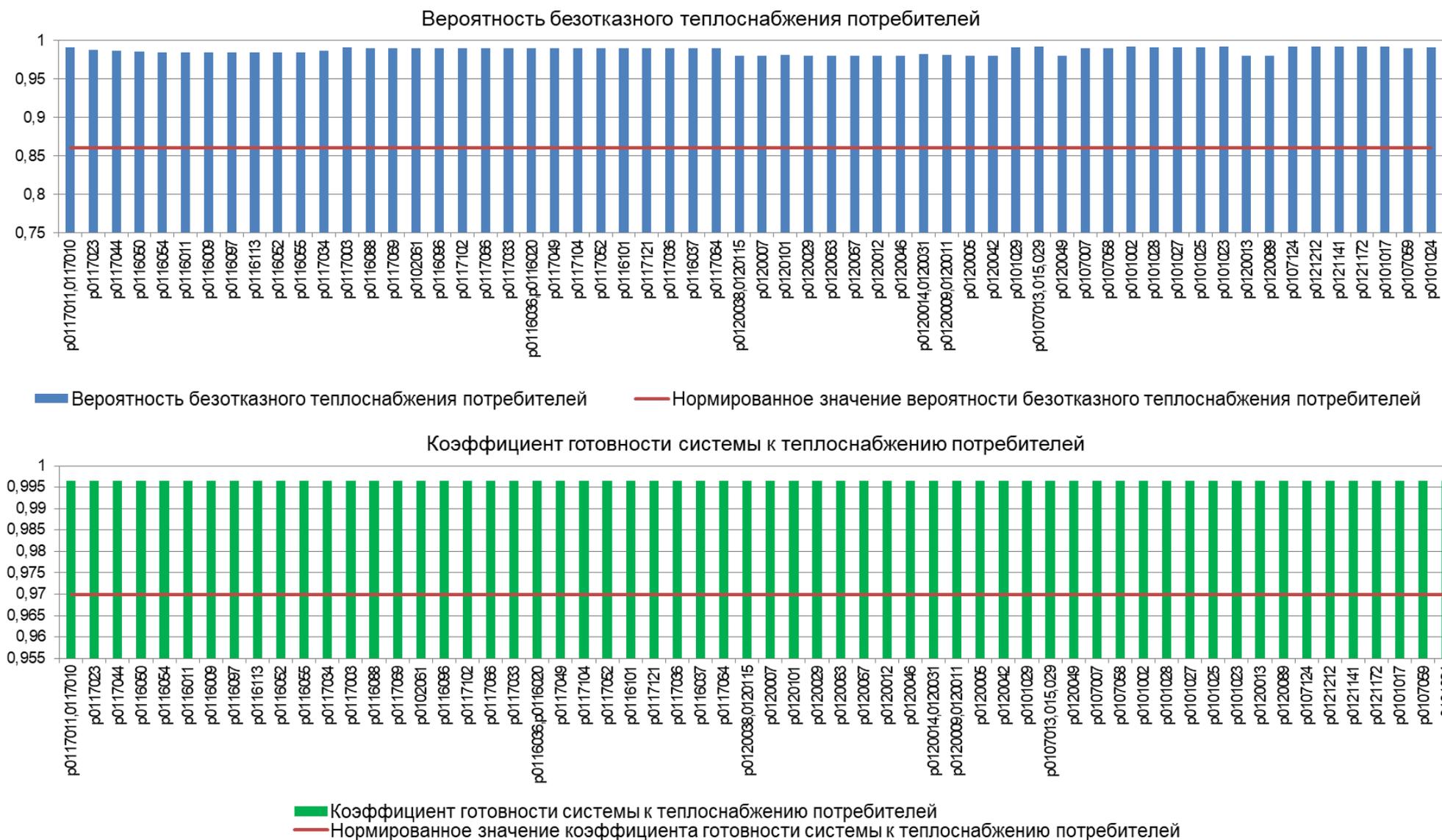
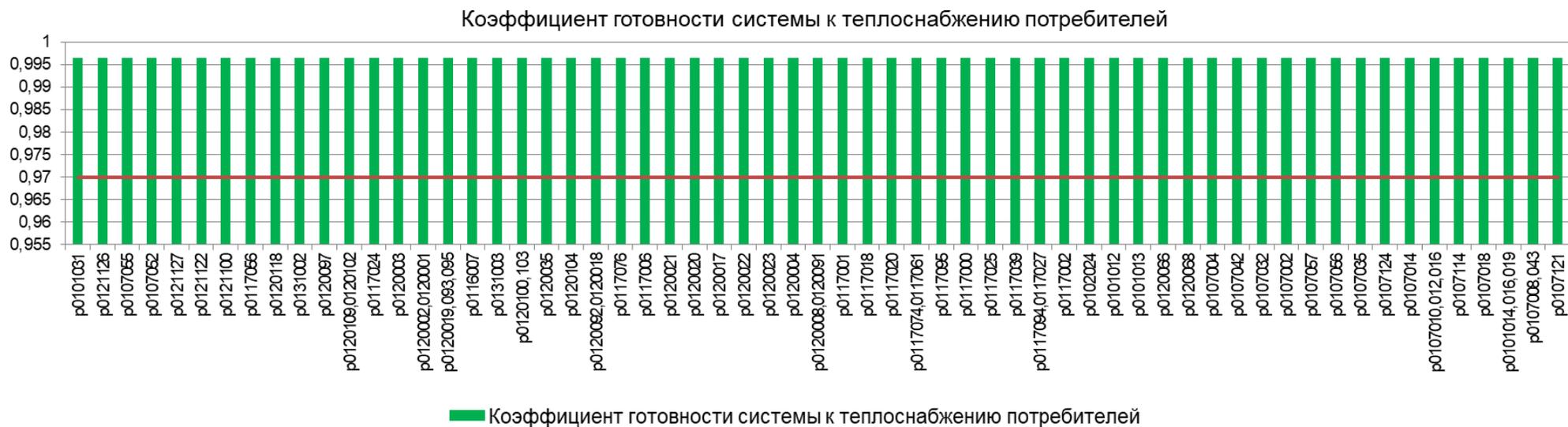


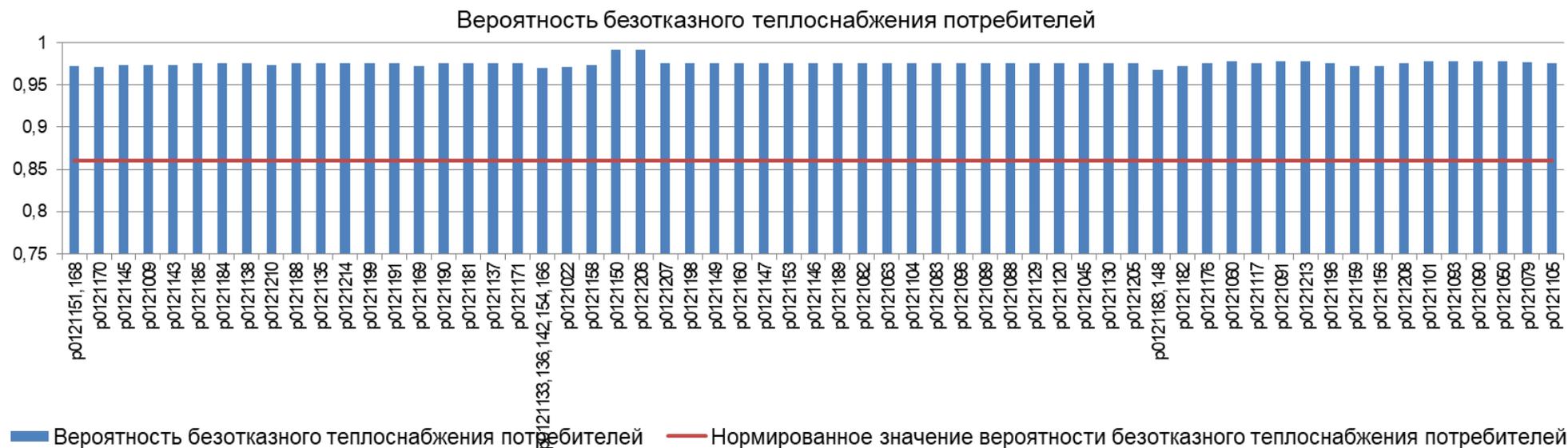
Рисунок А.1.1 – Вероятность безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ГЭС-1



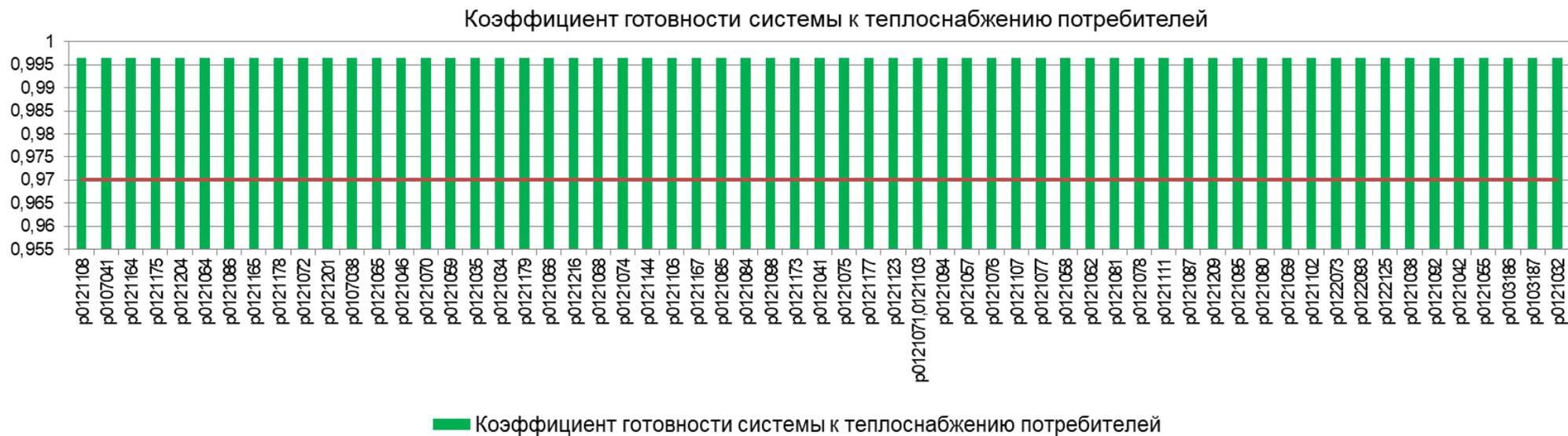
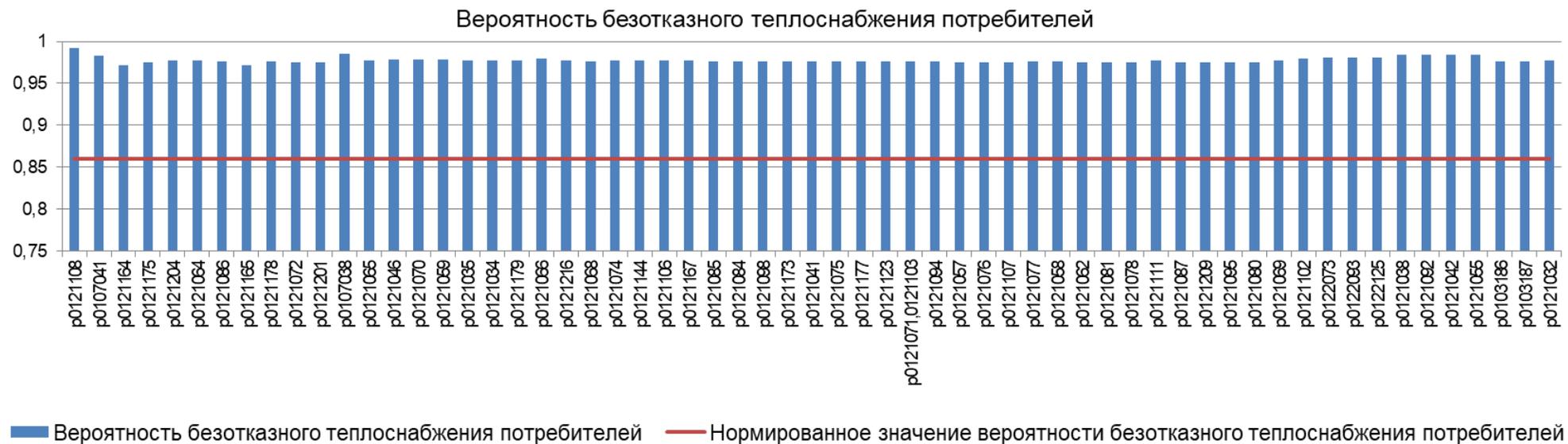
Продолжение рисунка А.1.1



Продолжение рисунка А.1.1



Продолжение рисунка А.1.1



Продолжение рисунка А.1.1

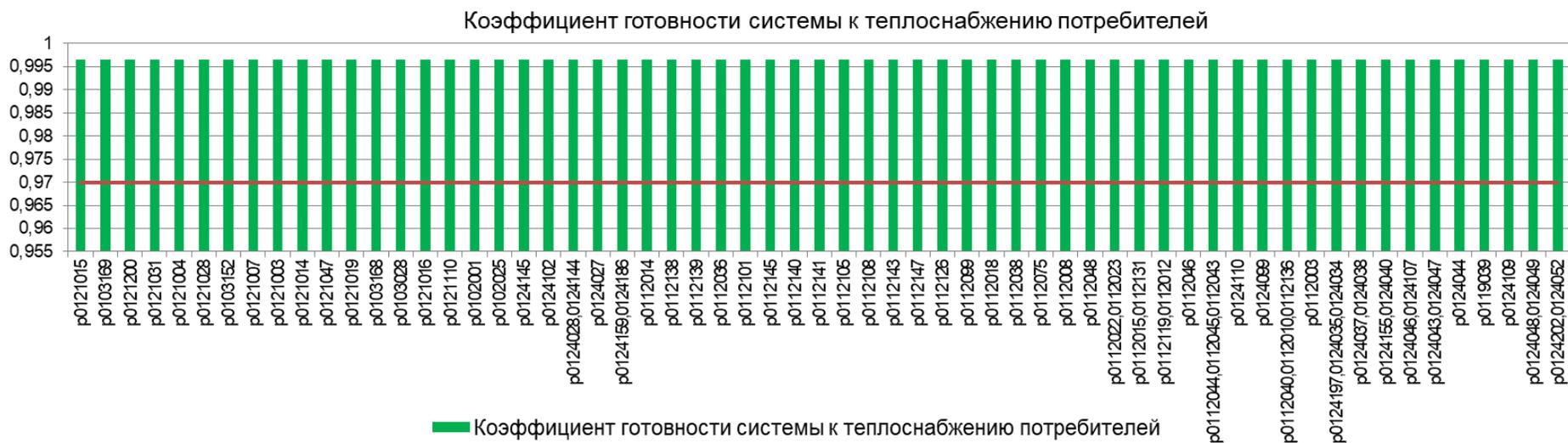


■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

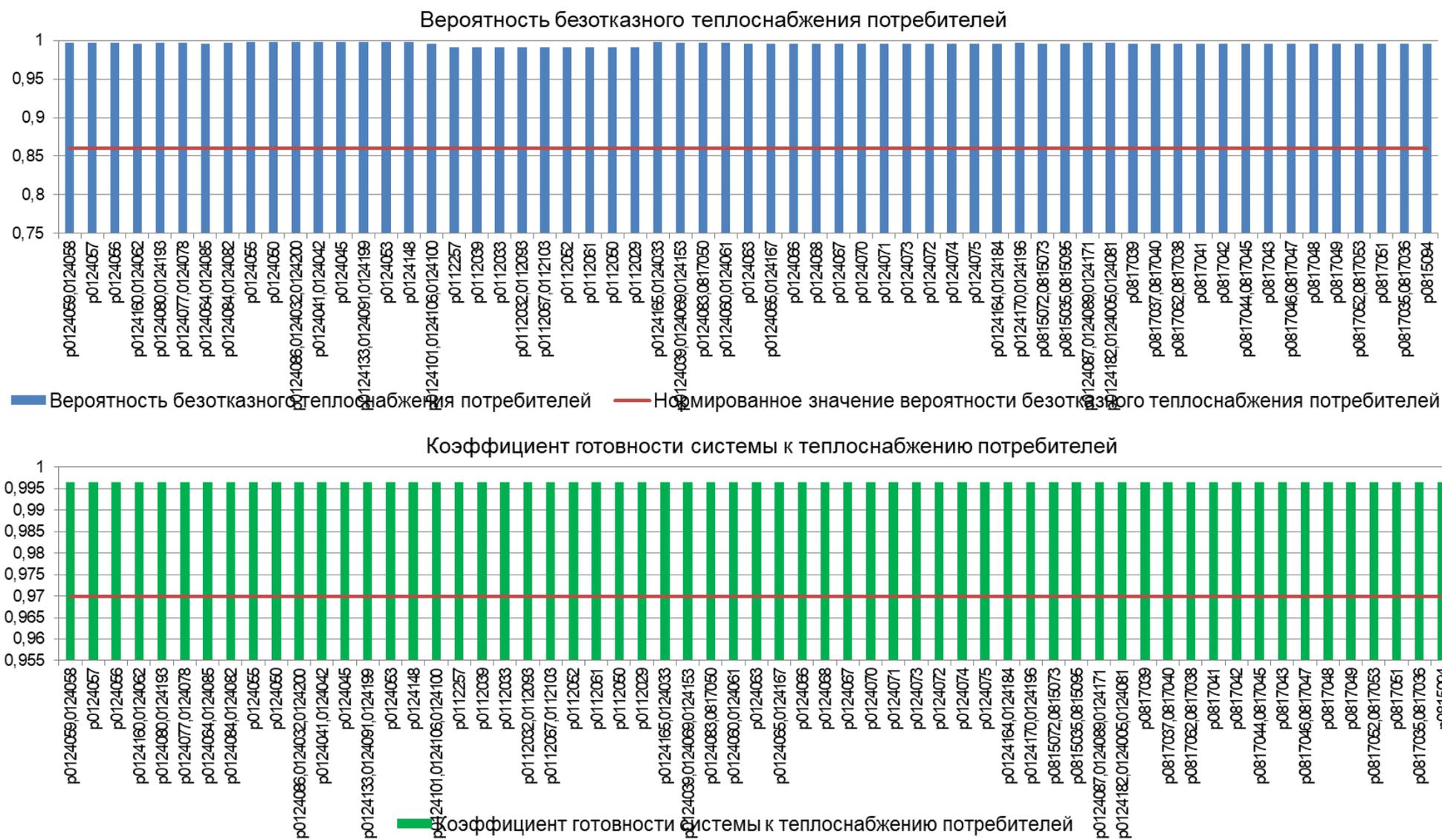


■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

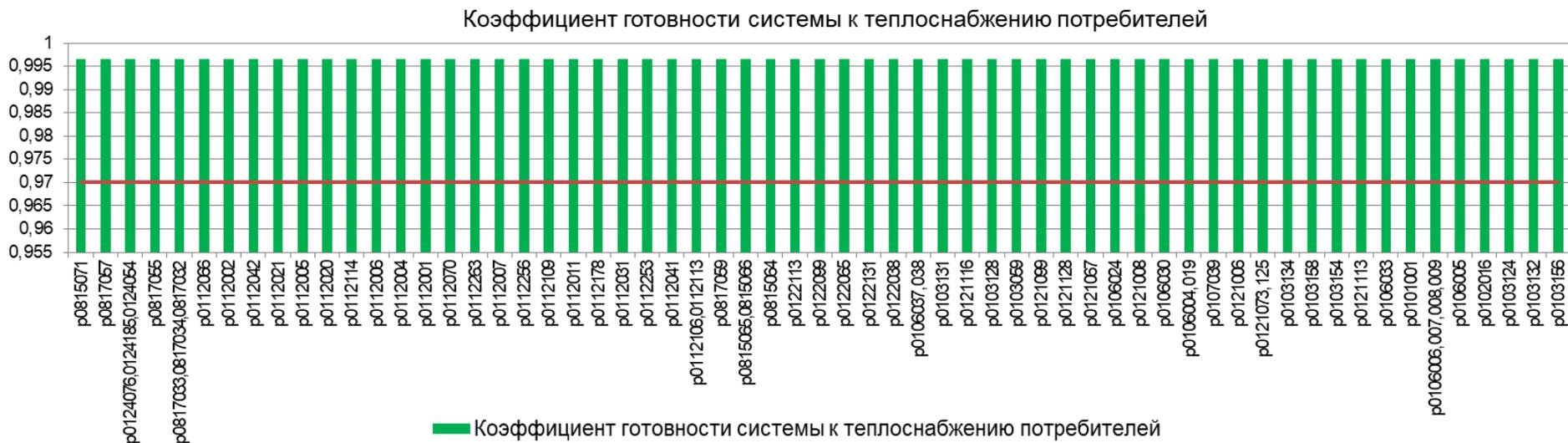
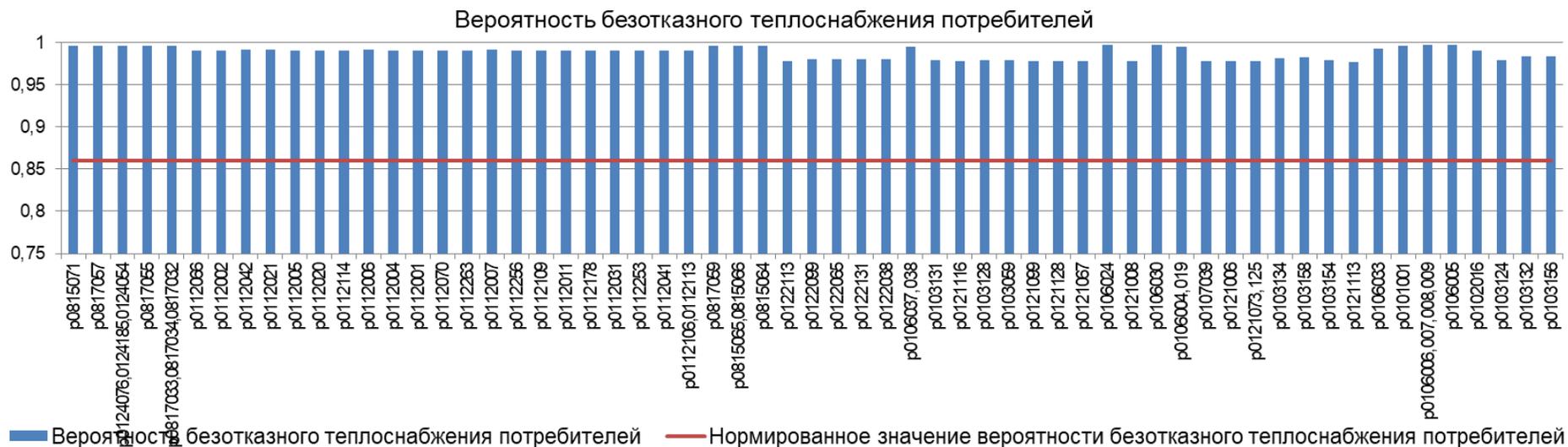
Продолжение рисунка А.1.1



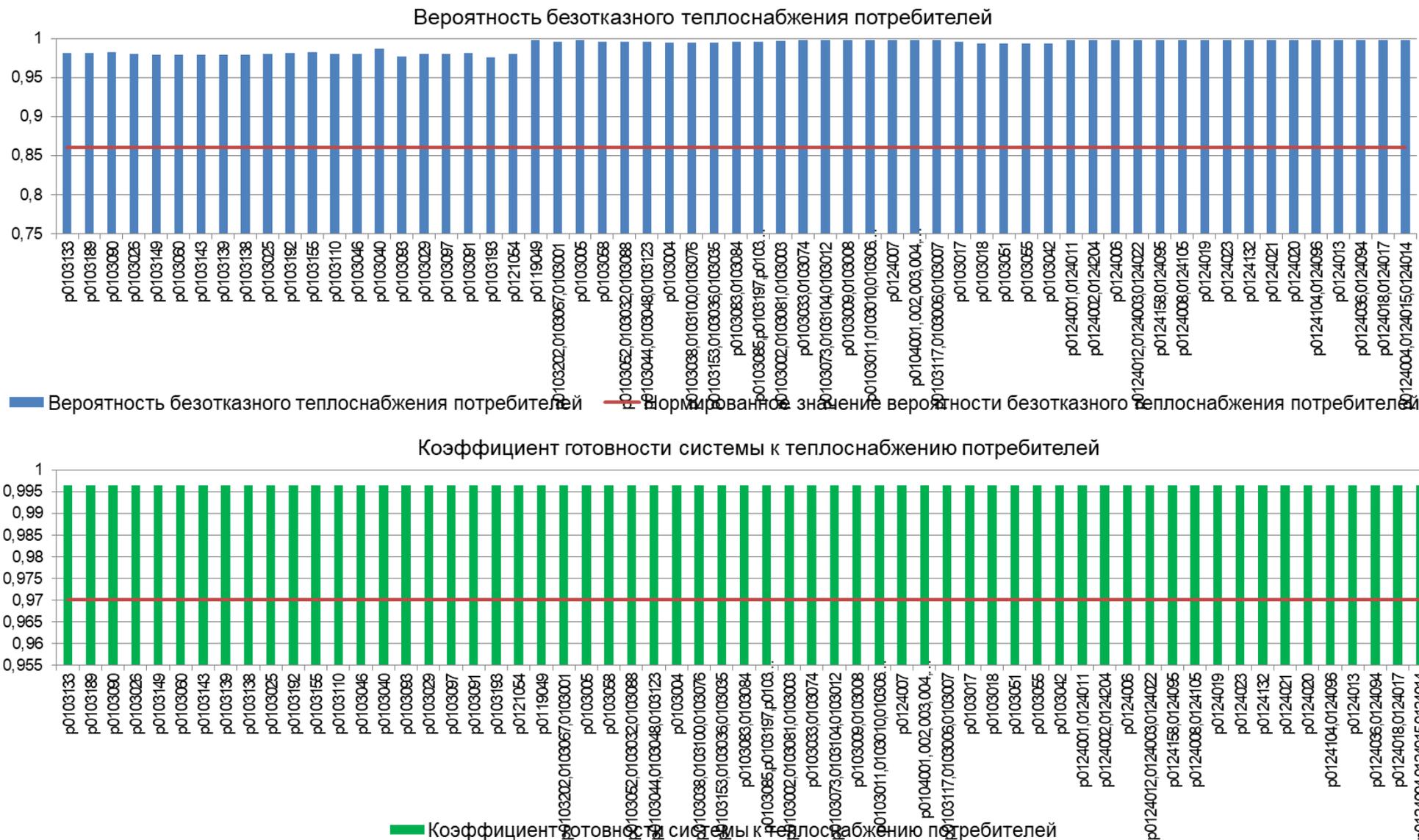
Продолжение рисунка А.1.1



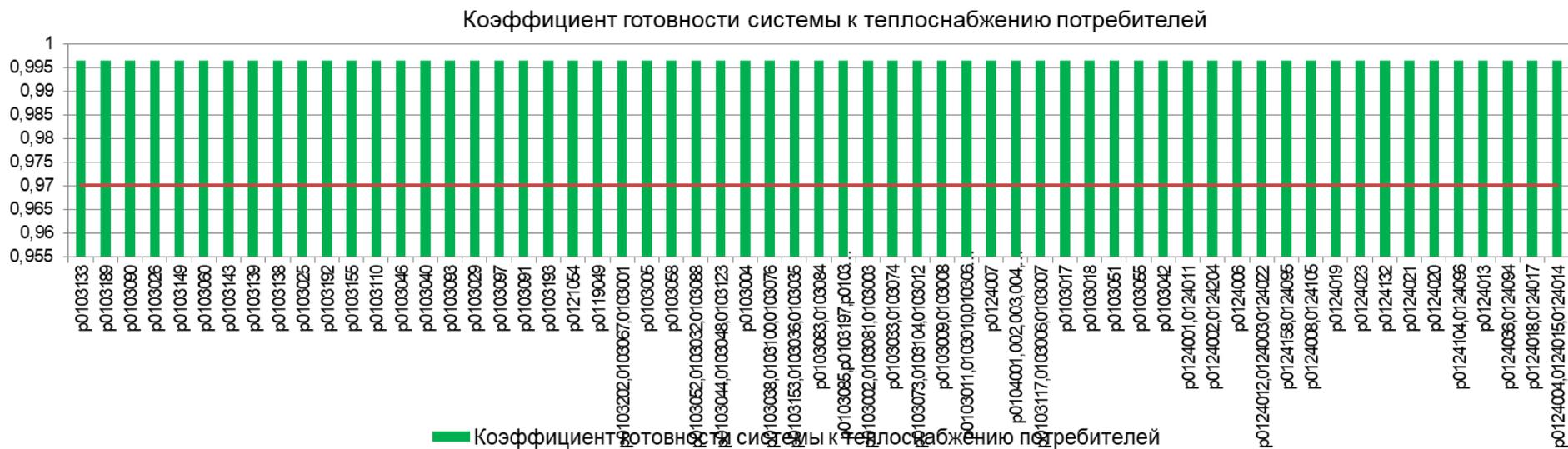
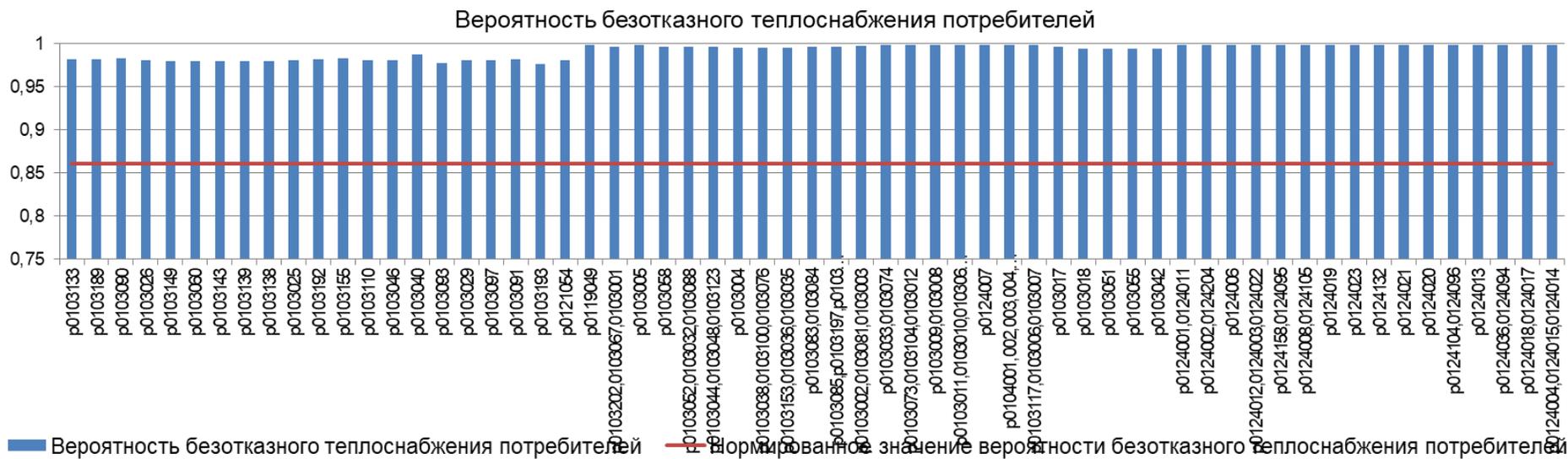
Продолжение рисунка А.1.1



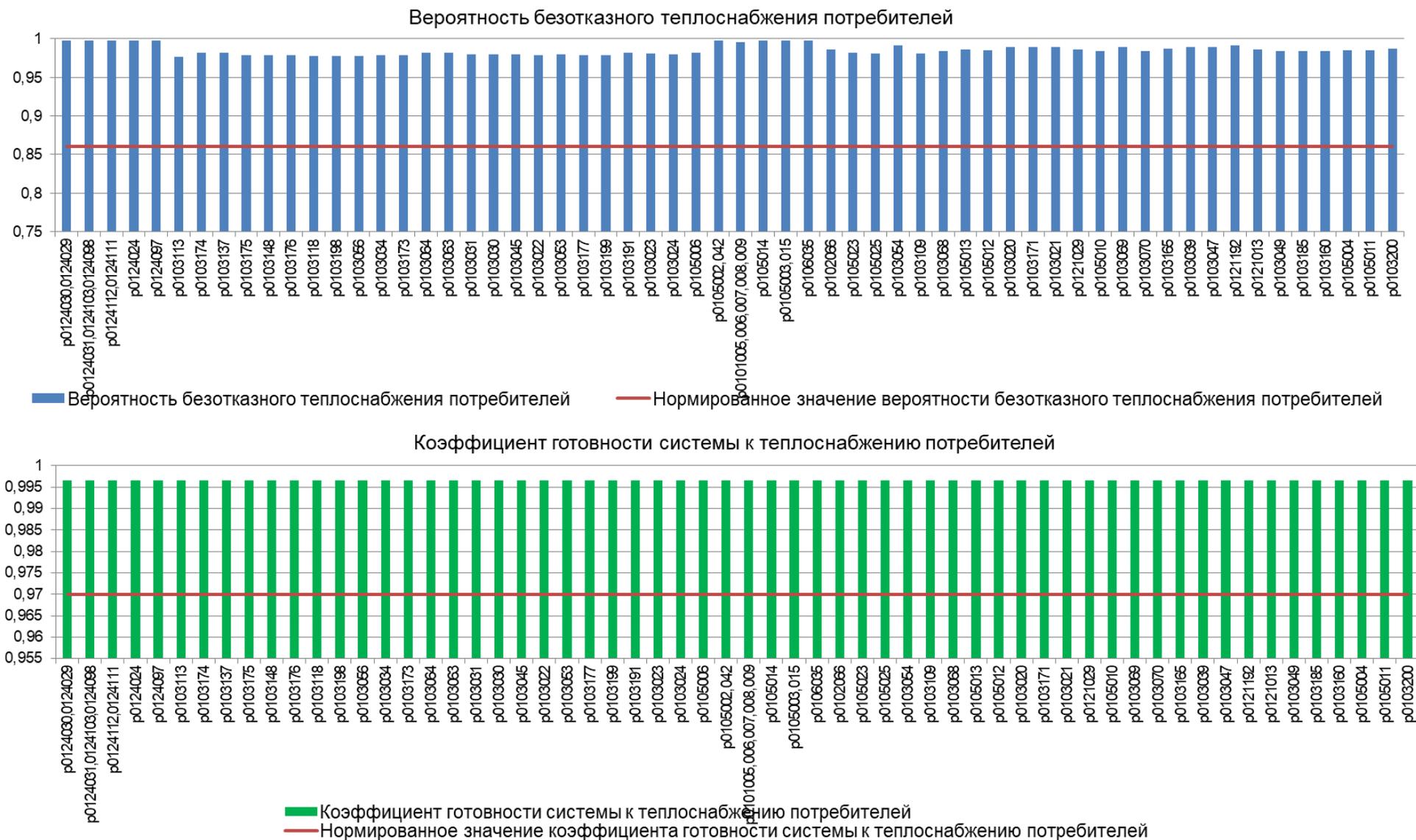
Продолжение рисунка А.1.1



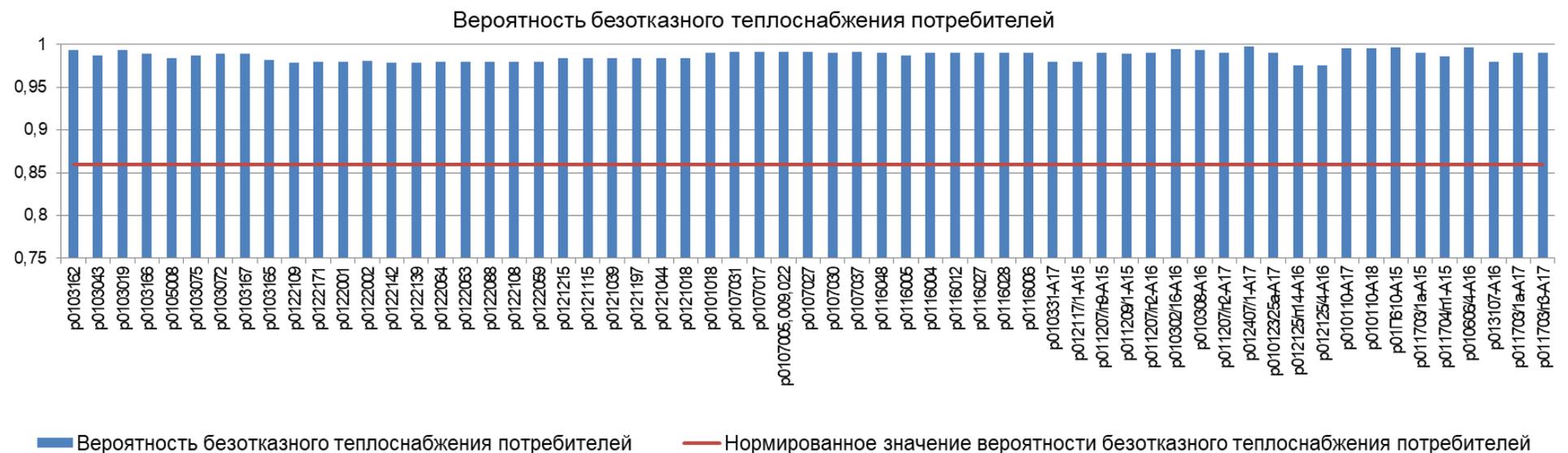
Продолжение рисунка А.1.1



Продолжение рисунка А.1.1



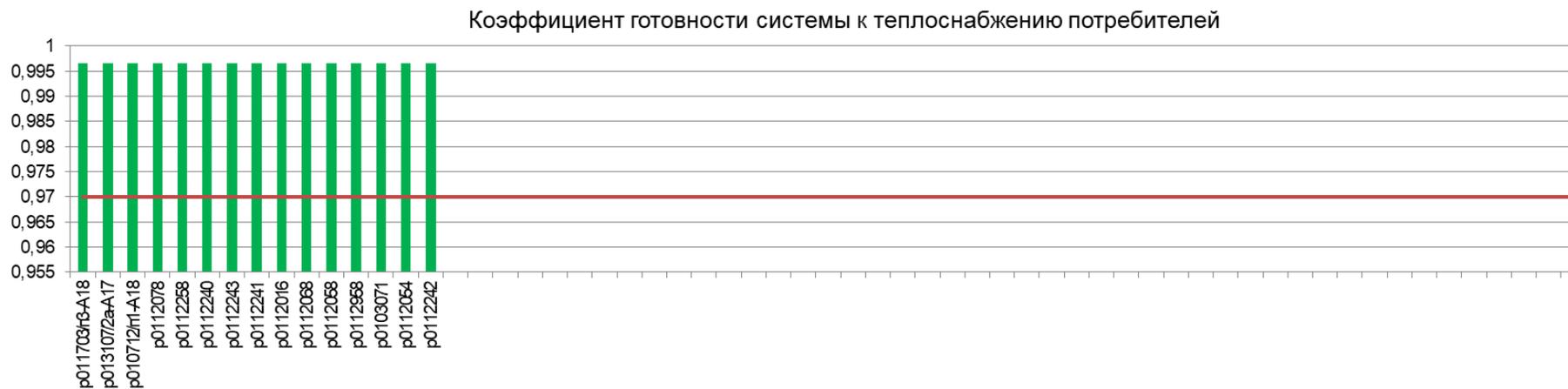
Продолжение рисунка А.1.1



Продолжение рисунка А.1.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей — Нормированное значение коэффициента готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.1.1

**А.2 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и  
коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей  
ТЭЦ-8 ПАО «Мосэнерго»**

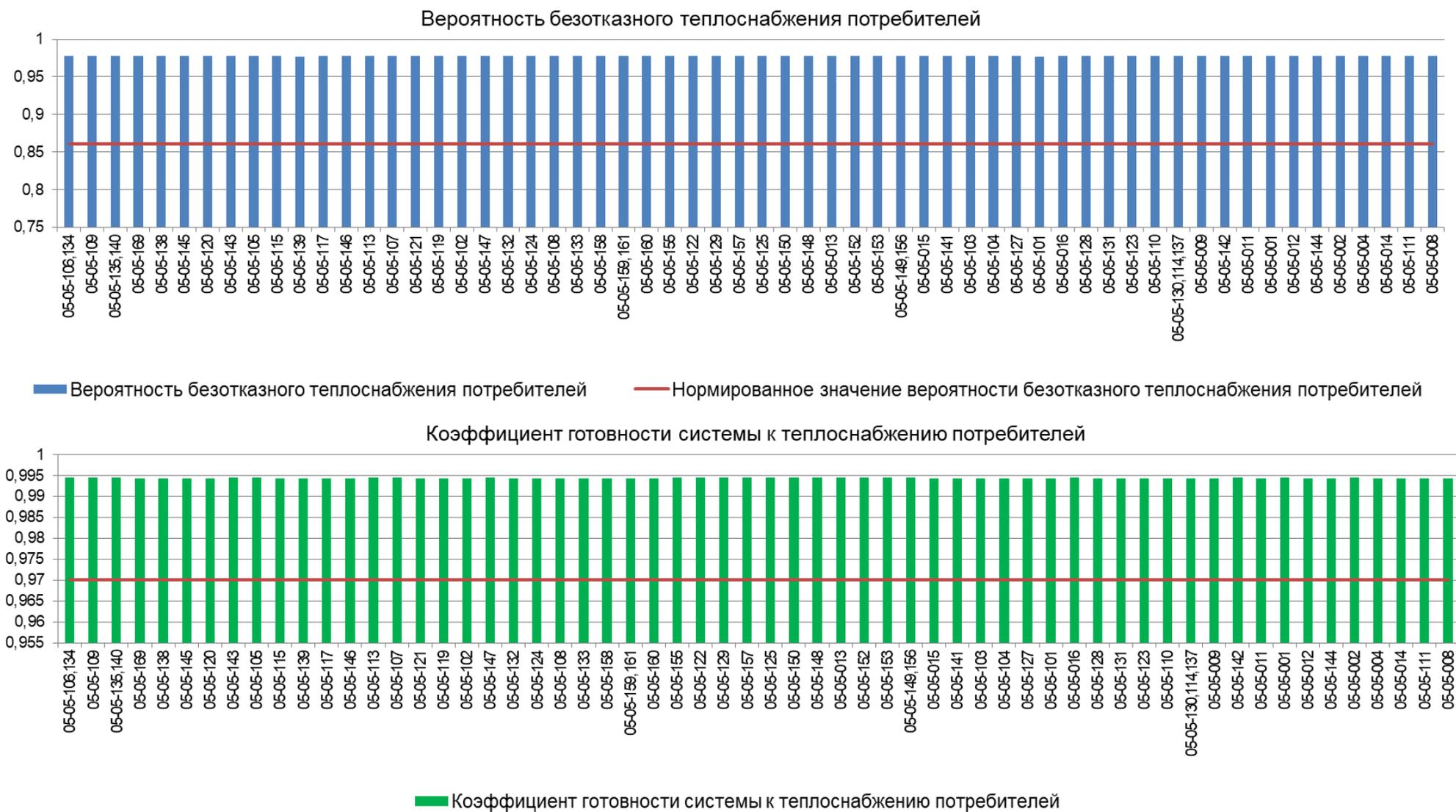
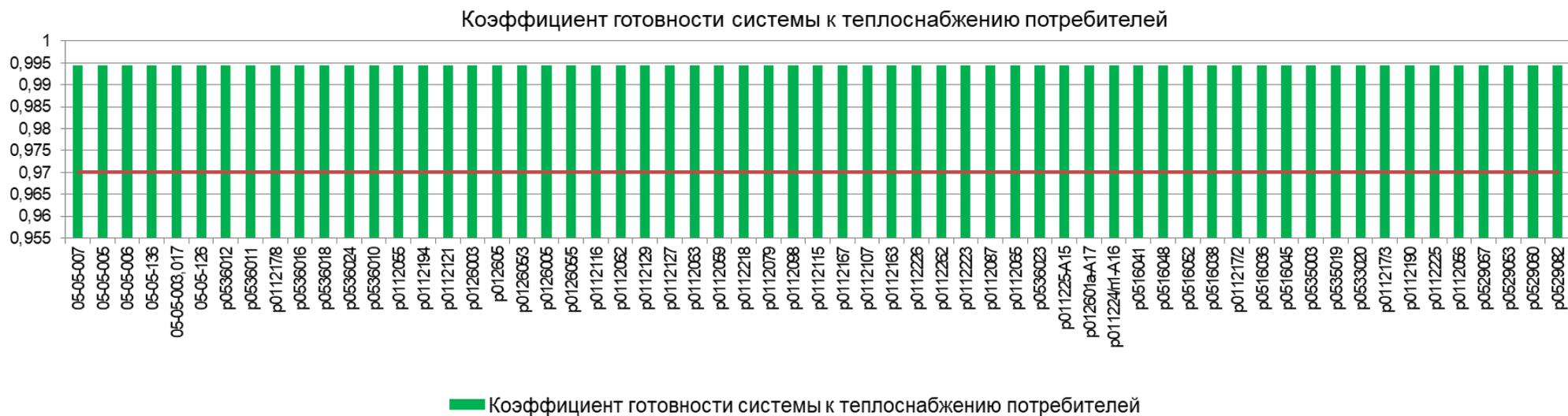
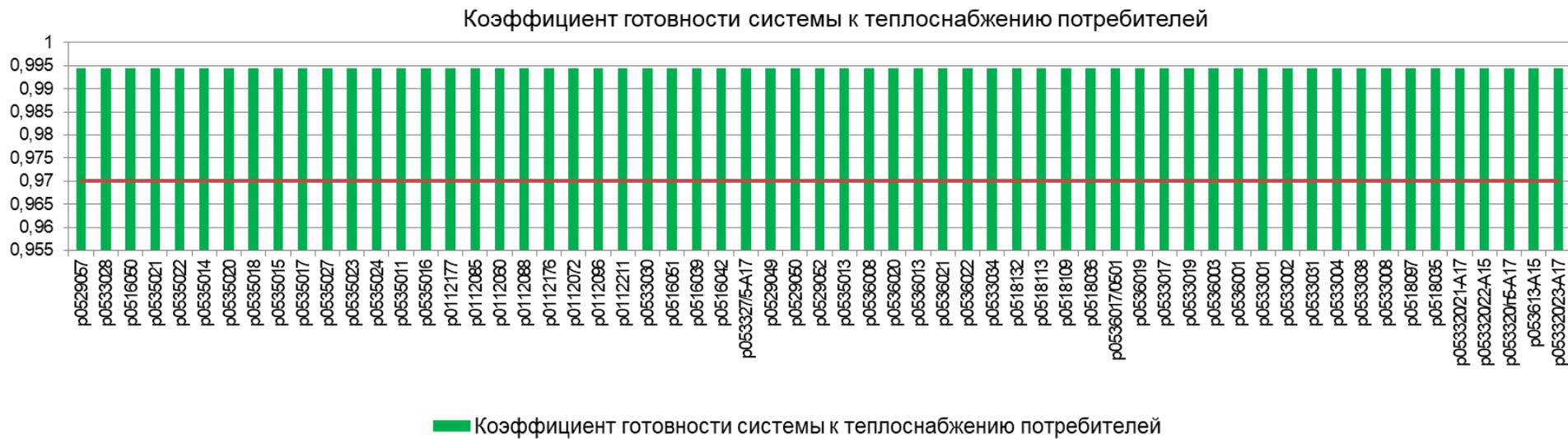


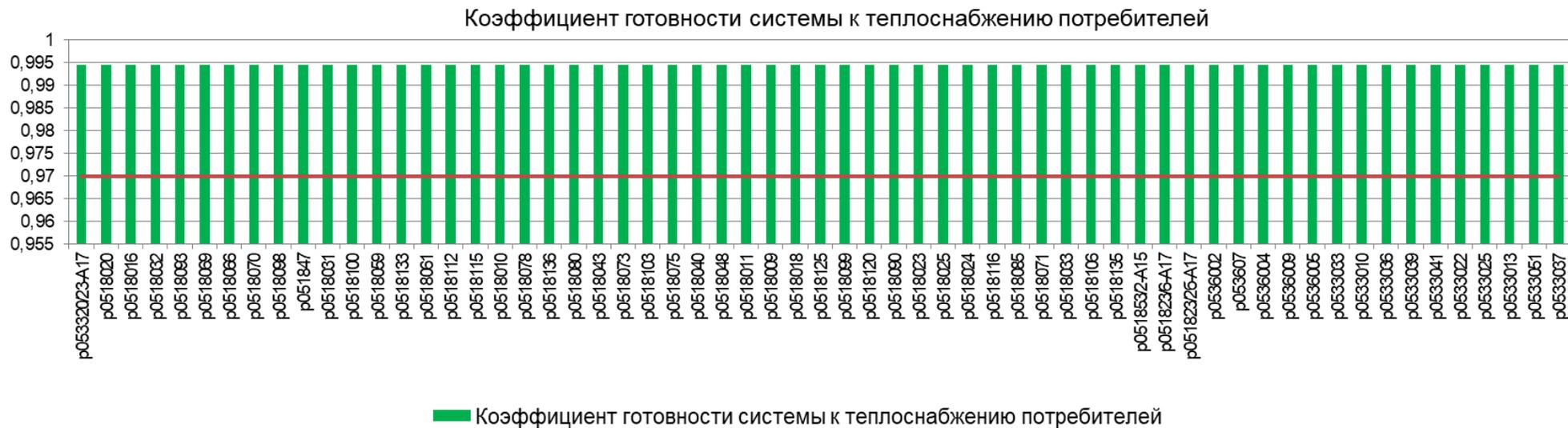
Рисунок А.2.1 – Вероятность безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-8



Продолжение рисунка А.2.1



Продолжение рисунка А.2.1



Продолжение рисунка А.2.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.2.1

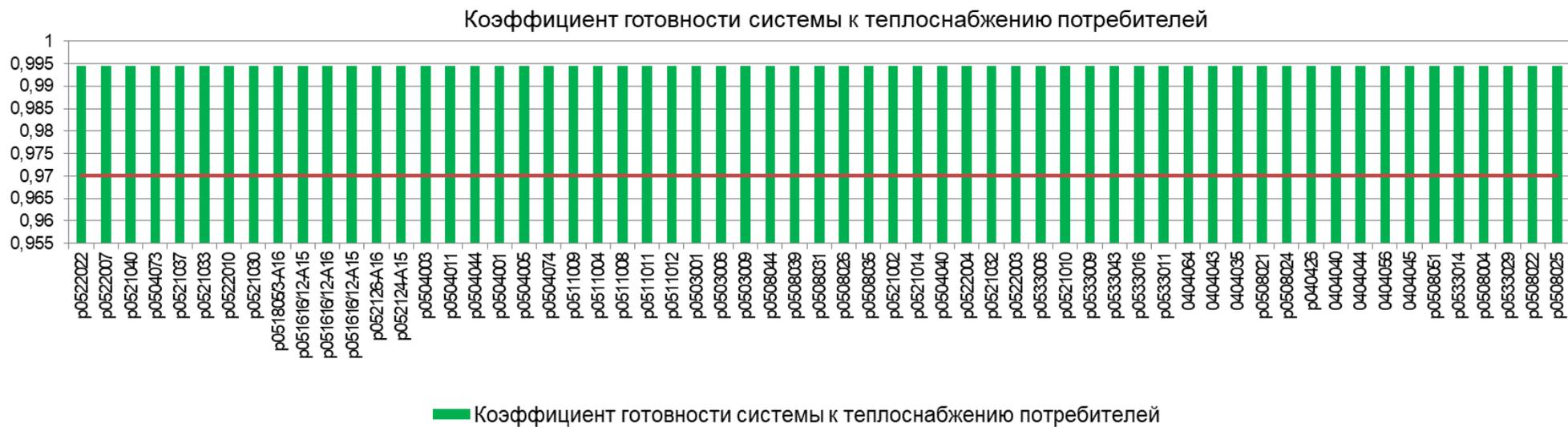


■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

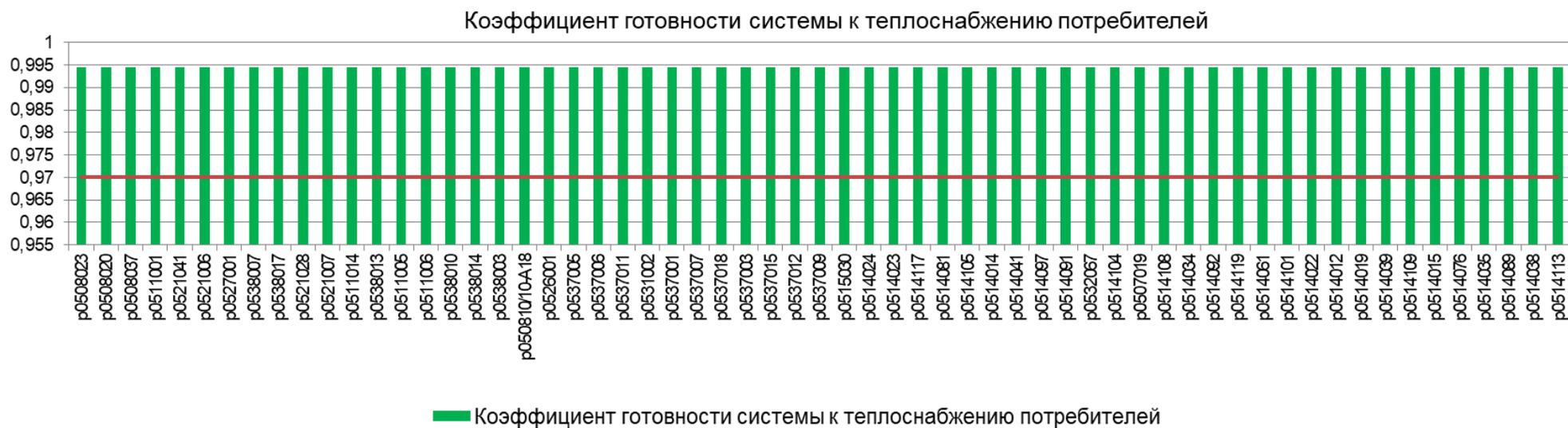


■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

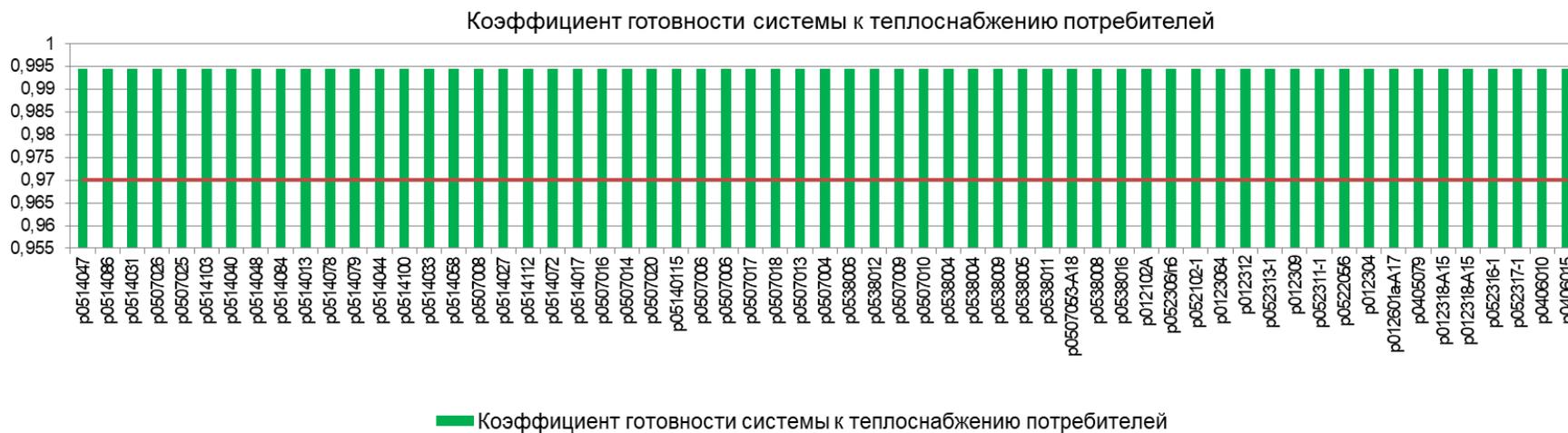
Продолжение рисунка А.2.1



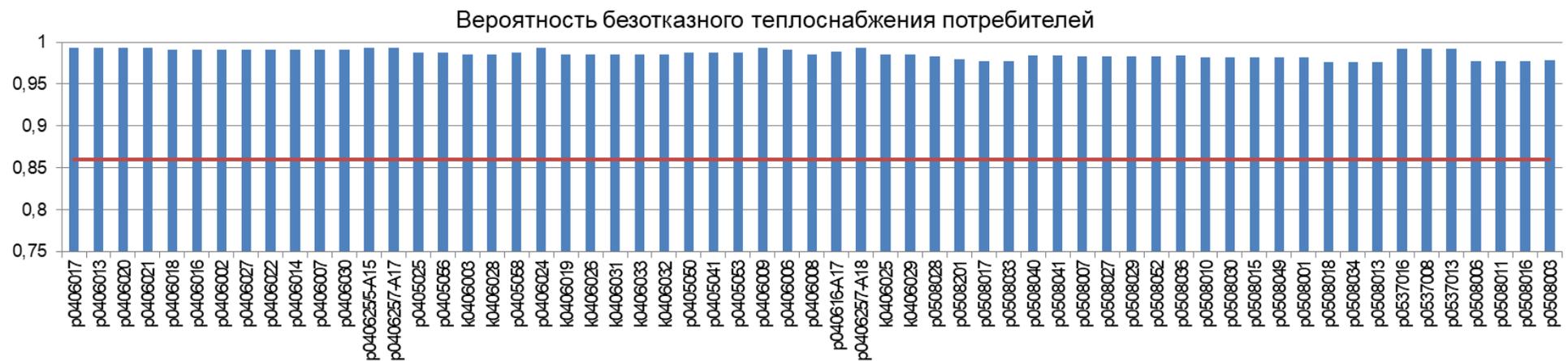
Продолжение рисунка А.2.1



Продолжение рисунка А.2.1



Продолжение рисунка А.2.1

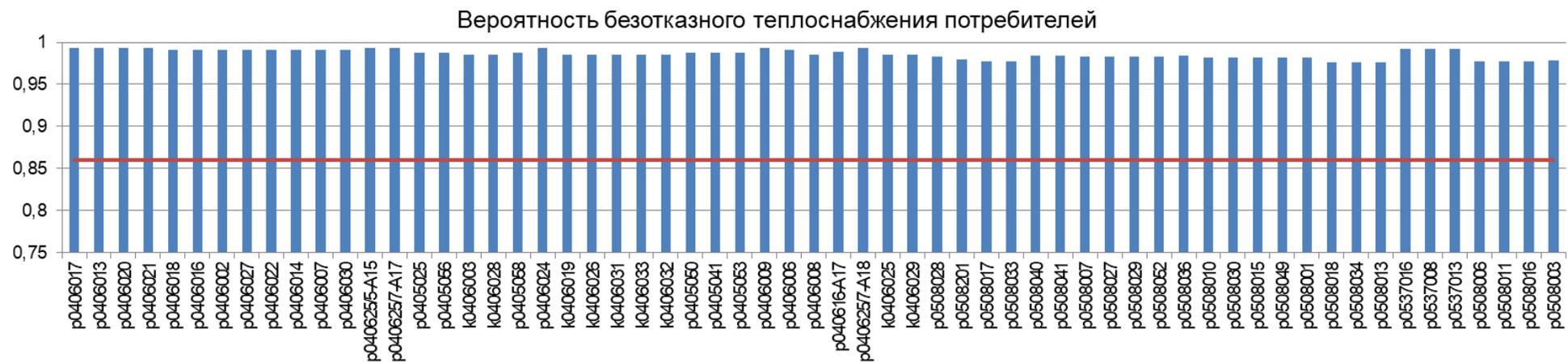


■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.2.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

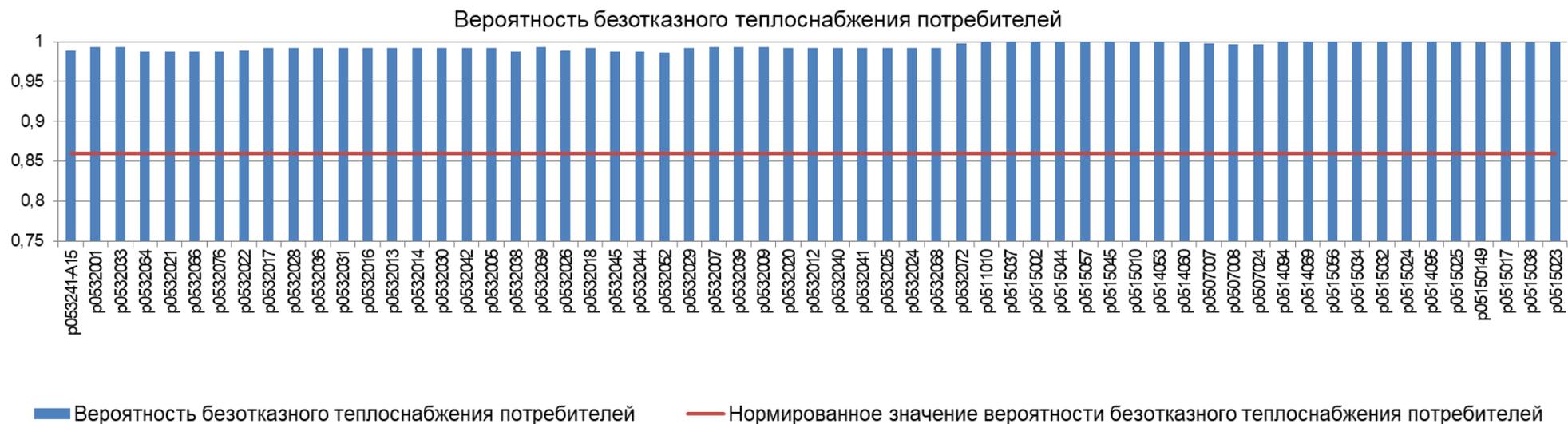


■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

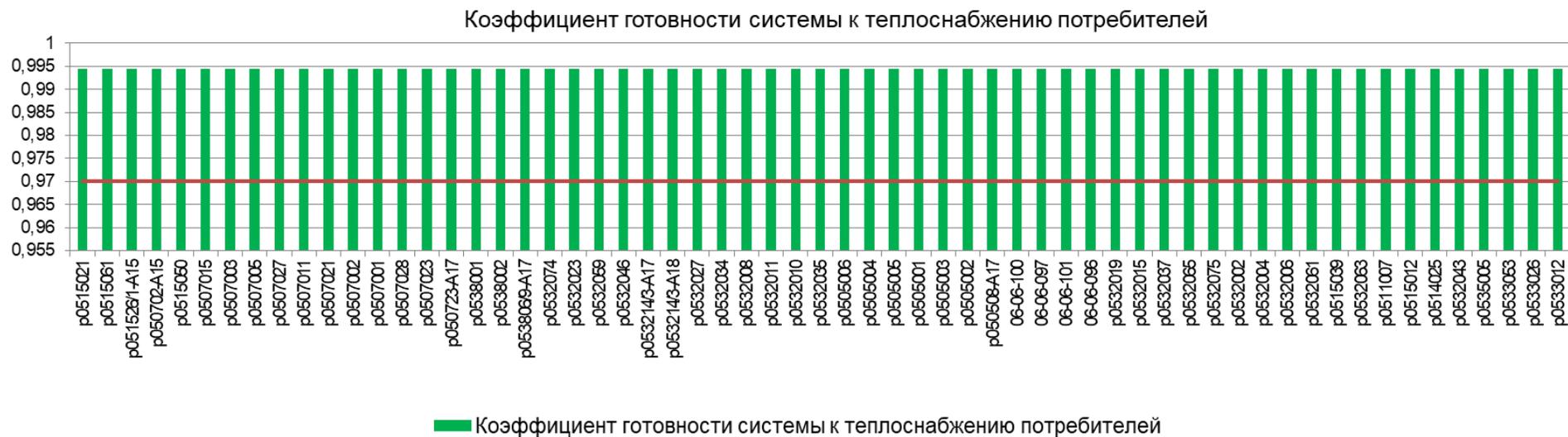
Продолжение рисунка А.2.1



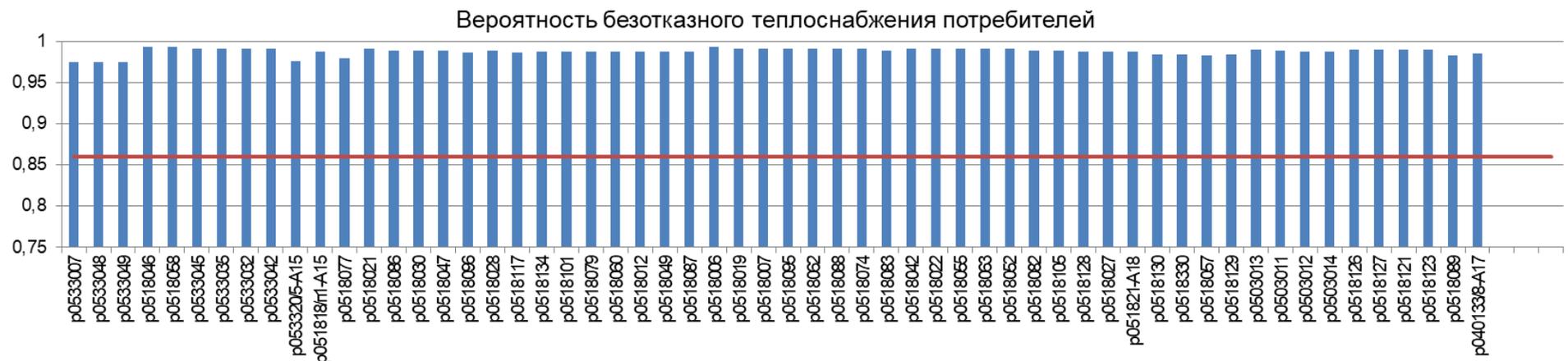
Продолжение рисунка А.2.1



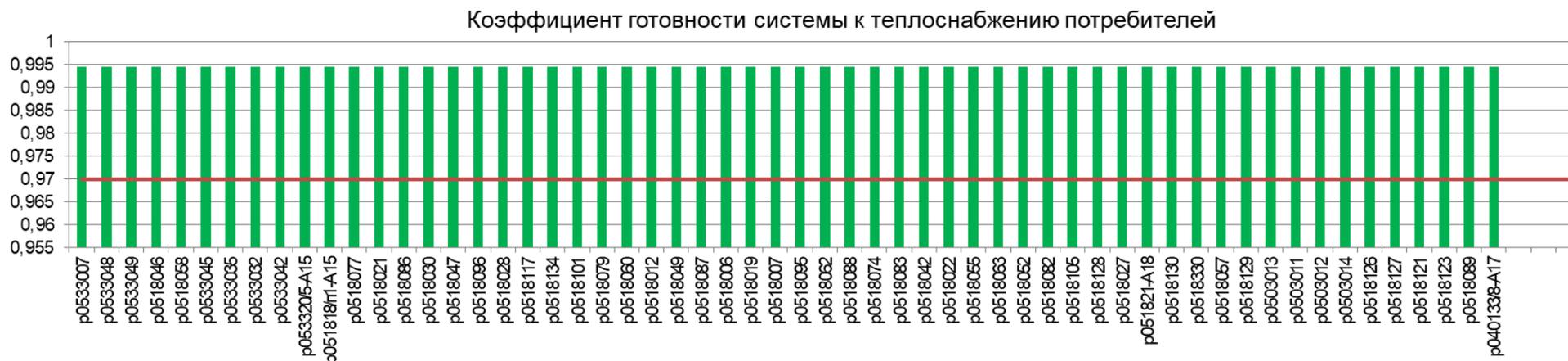
Продолжение рисунка А.2.1



Продолжение рисунка А.2.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.2.1

**А.3 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и  
коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей  
ТЭЦ-9 ПАО «Мосэнерго»**

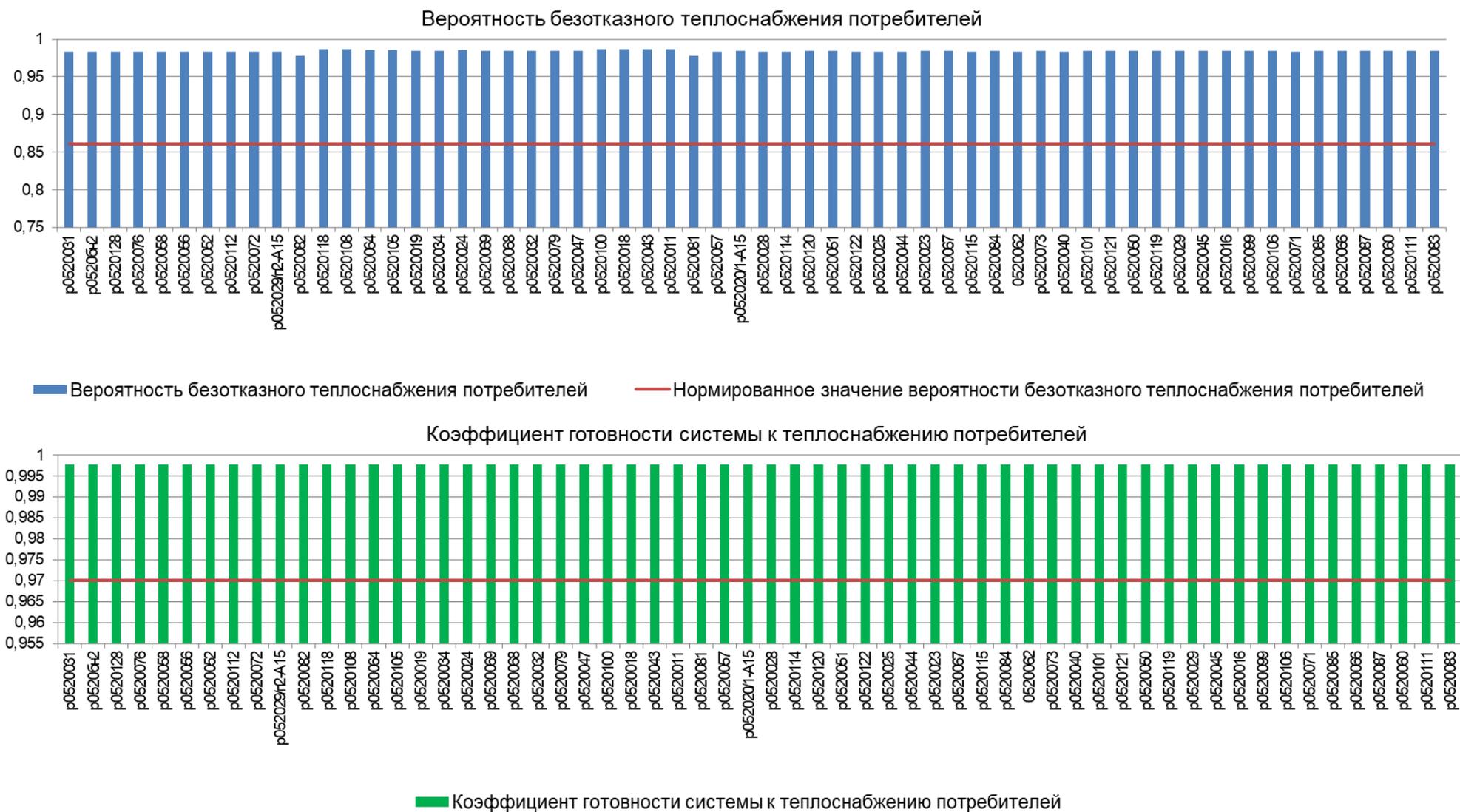
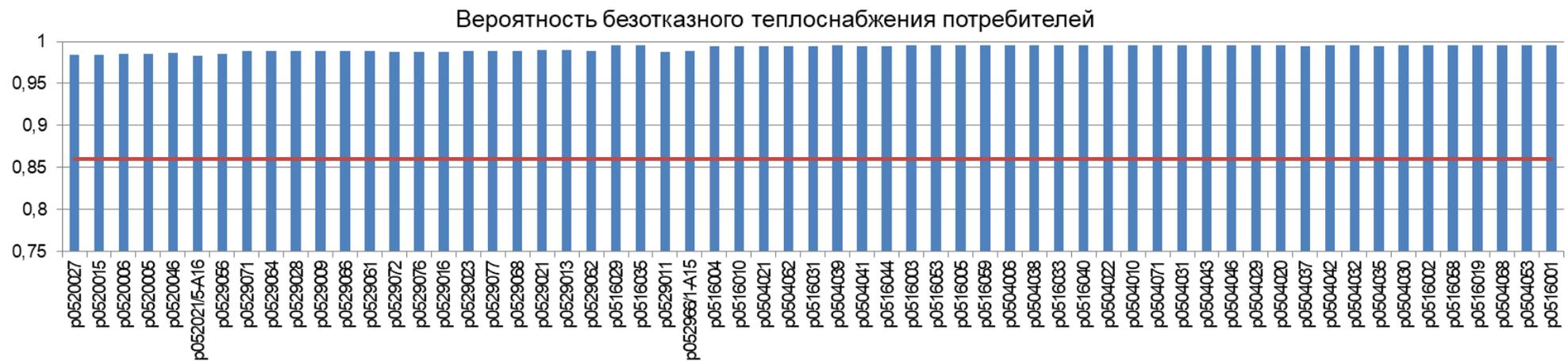


Рисунок А.3.1– Вероятность безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-9



Продолжение рисунка А.3.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей 
 — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.3.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.3.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.3.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

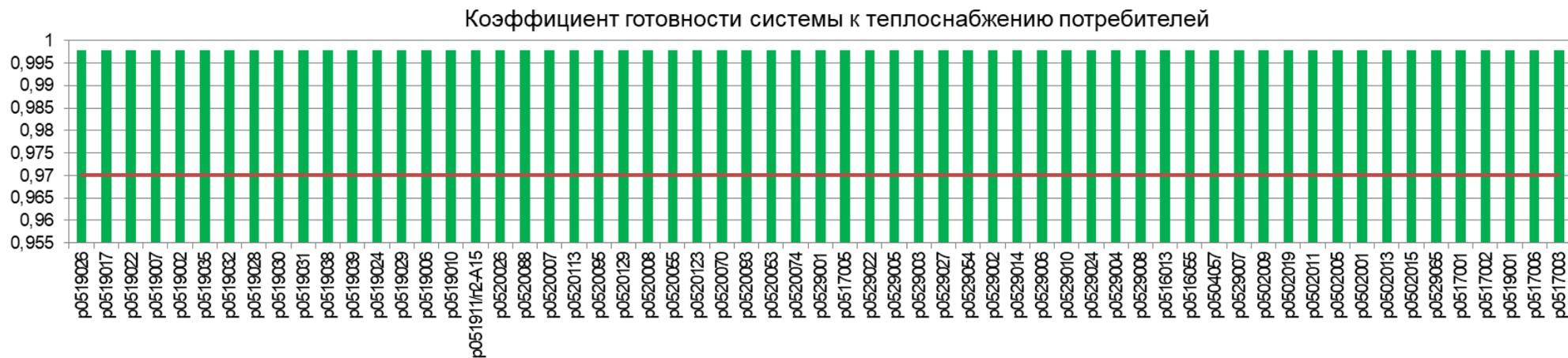


■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.3.1



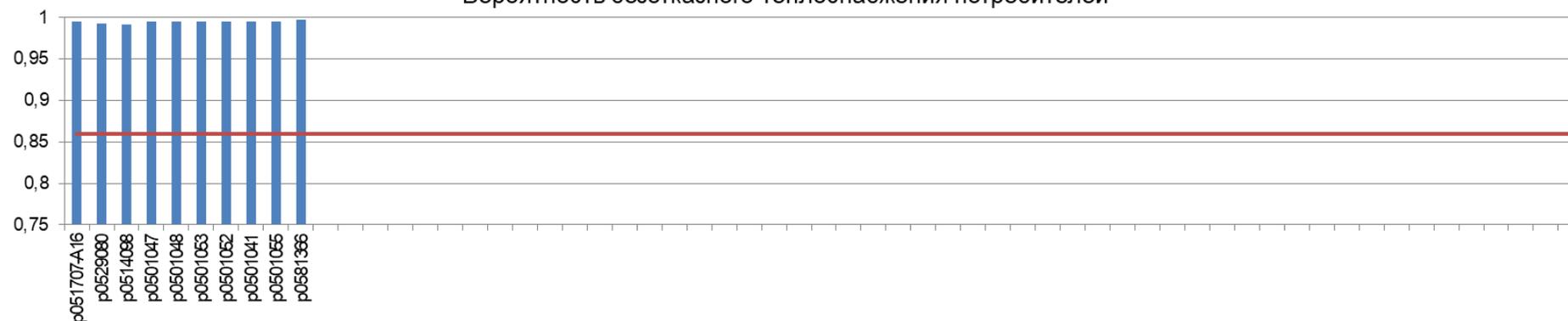
■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

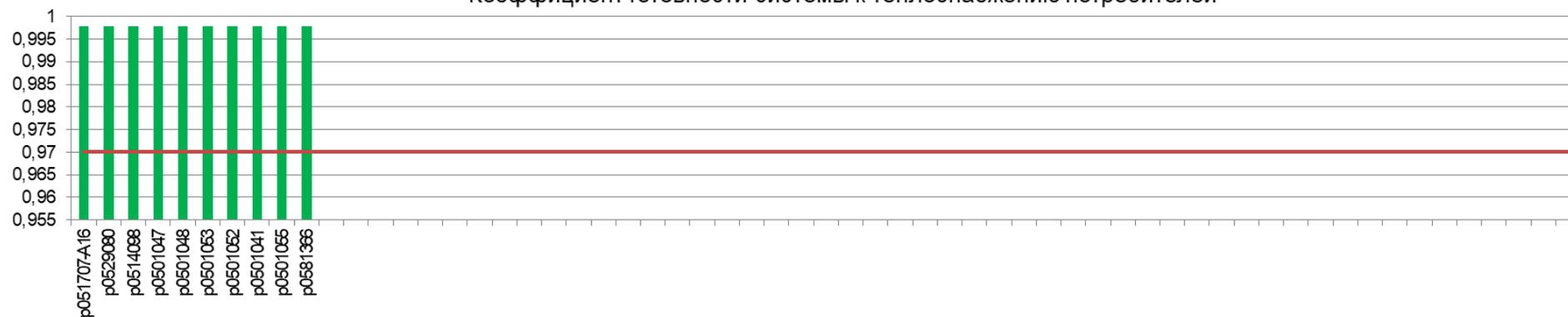
Продолжение рисунка А.3.1

Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.3.1

**А.4 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и  
коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей  
ТЭЦ-11 ПАО «Мосэнерго»**

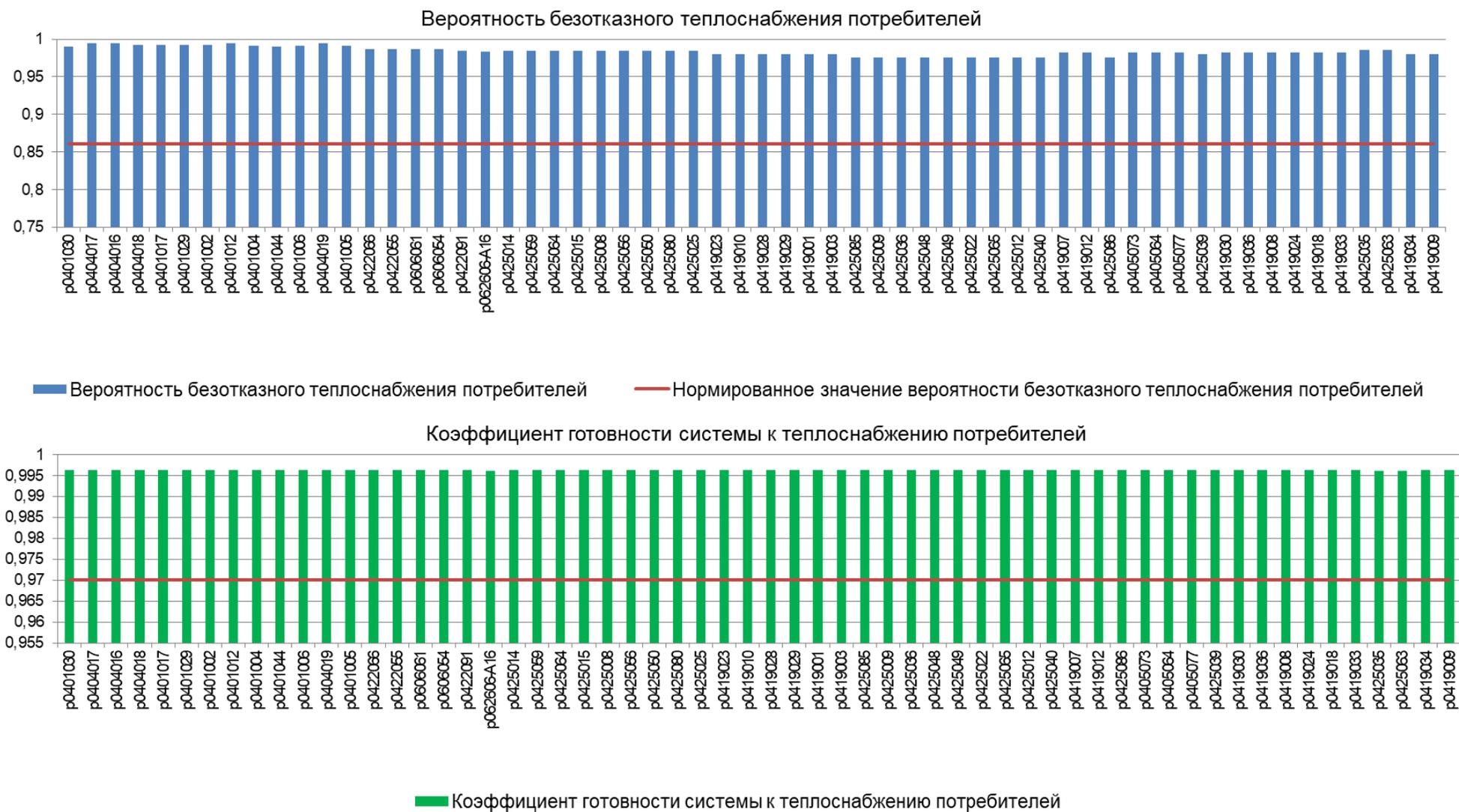


Рисунок А.4.1 – Вероятность безотказного теплоснабжения и коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей ТЭЦ-11



Продолжение рисунка А.4.1

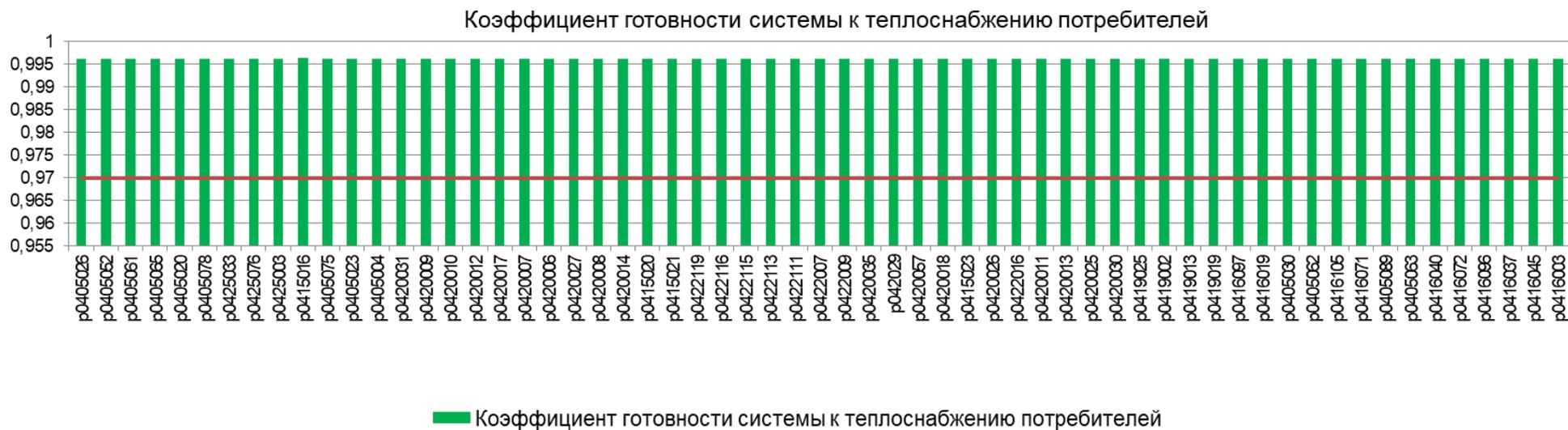


■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

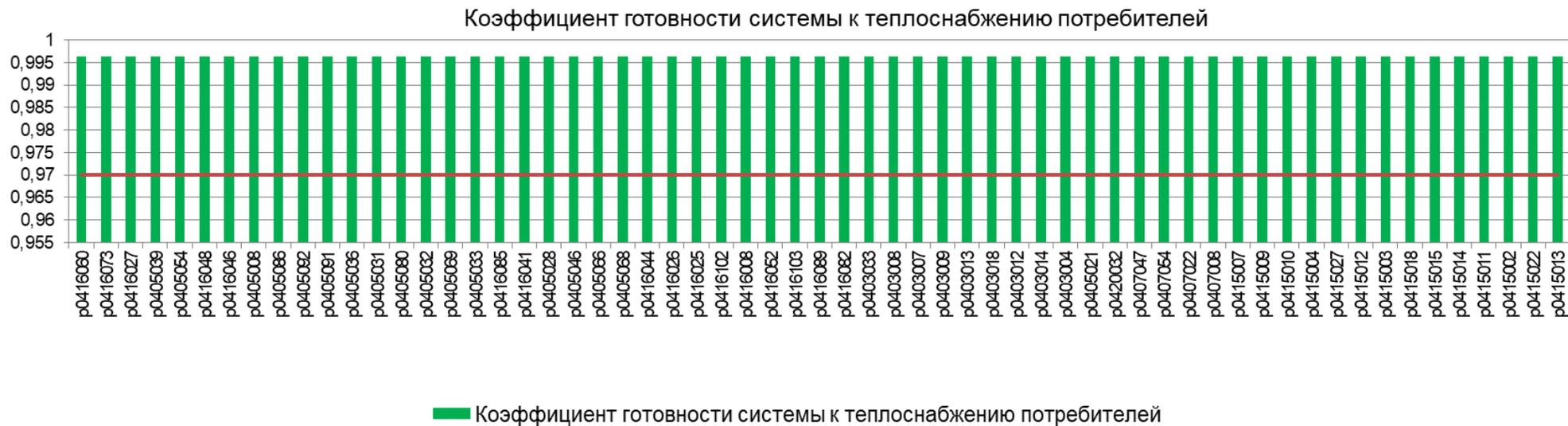


■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

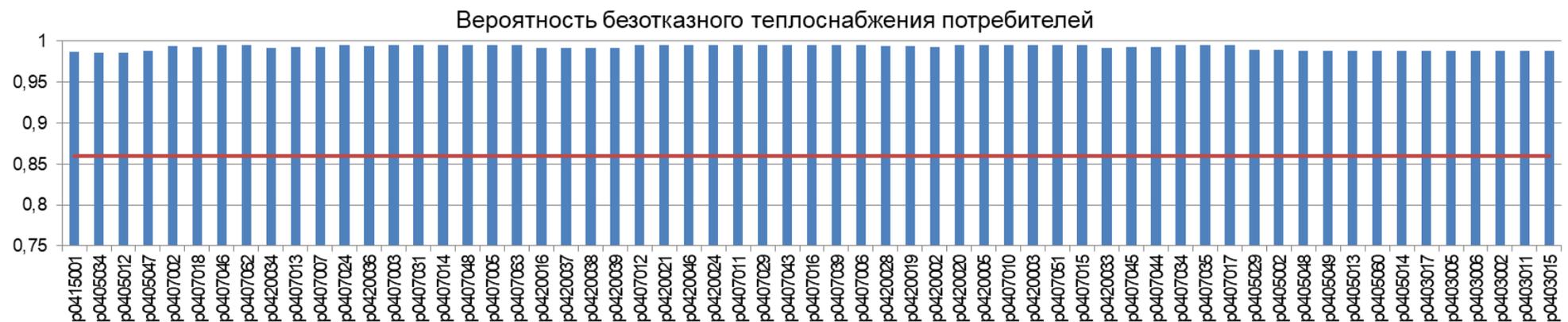
Продолжение рисунка А.4.1



Продолжение рисунка А.4.1



Продолжение рисунка А.4.1

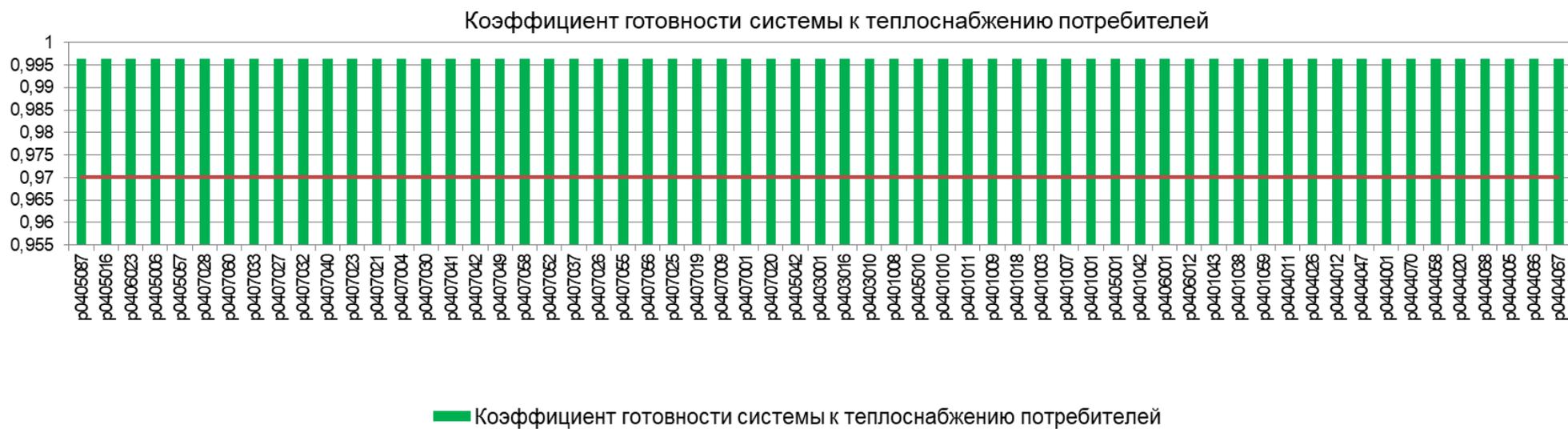


■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

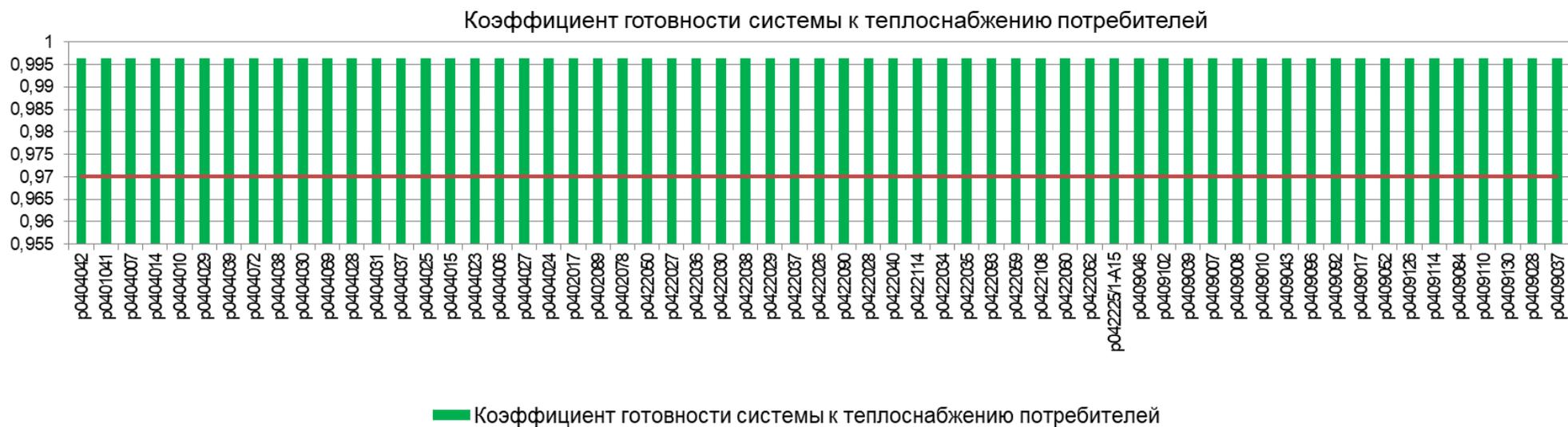


■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

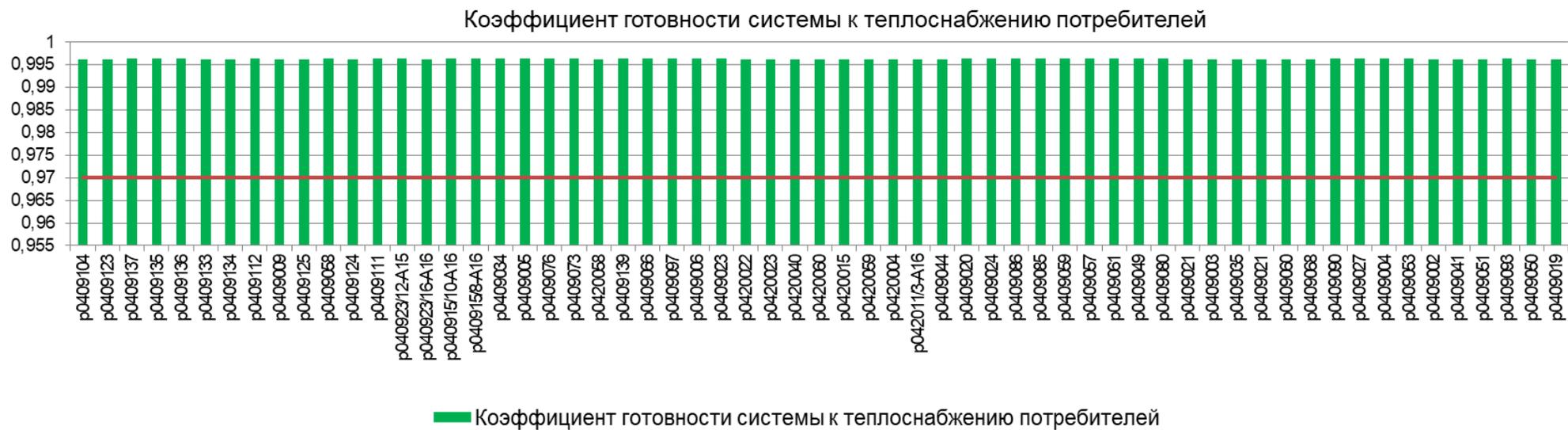
Продолжение рисунка А.4.1



Продолжение рисунка А.4.1

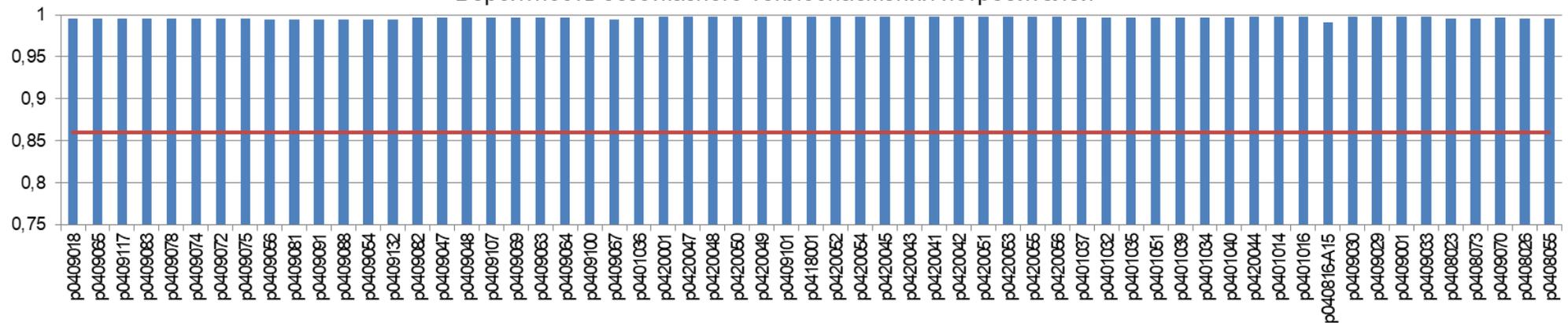


Продолжение рисунка А.4.1



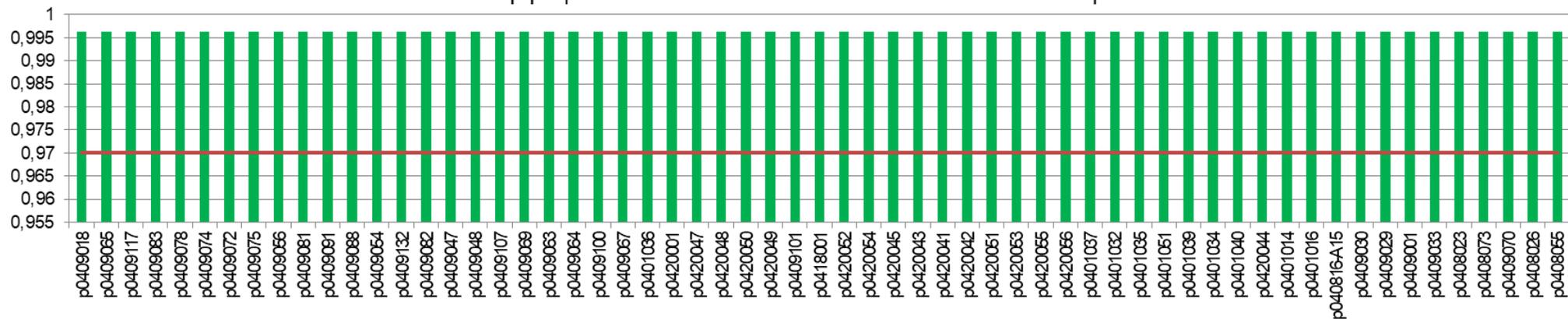
Продолжение рисунка А.4.1

Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей

Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.4.1



■ Вероятность безотказного теплоснабжения потребителей — Нормированное значение вероятности безотказного теплоснабжения потребителей



■ Коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей

Продолжение рисунка А.4.1



Продолжение рисунка А.4.1



Продолжение рисунка А.4.1

**А.5 Результаты расчета вероятности безотказного теплоснабжения и  
коэффициент готовности системы к теплоснабжению потребителей  
ТЭЦ-12 ПАО «Мосэнерго»**