

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес – процессами и экономики  
Кафедра «Экономика и организация предприятий энергетического и  
транспортного комплексов»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Е.В. Кашина

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

38.03.01.02.09 «Экономика предприятий и организаций (энергетика)»

**Оценка эффективности снижения потерь в электрических сетях (на  
примере ПАО «МРСК Сибири»)**

Пояснительная записка

Руководитель	_____	доцент, канд. экон. наук	В.А. Финоченко
	подпись, дата		
Выпускник	_____		Е.Ю. Агейкина
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____		Т.М. Руденко
	подпись, дата		

Красноярск 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Характеристика и структура потерь электроэнергии в электрических сетях. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии. ....	5
1.1 Классификация потерь и виды расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях.....	5
1.2 Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях.....	13
1.3 Методологические подходы к оценке эффективности мероприятий по снижению потерь, используемые на энергопредприятиях.....	19
2 Анализ и оценка потерь электроэнергии на примере предприятия ПАО «МРСК Сибири».....	24
2.1 Характеристика предприятия ПАО «МРСК Сибири» как экономического субъекта хозяйствования .....	24
2.2 Характеристика мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях на предприятии ПАО «МРСК Сибири» .....	31
2.3 Анализ структуры потерь электроэнергии на примере ПАО «МРСК Сибири».....	42
3 Оценка эффективности снижения потерь электроэнергии на примере ПАО «МРСК Сибири».....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1 Характеристика воздушной линии К-ной РЭС Красноярского края на ПС "Анцирь" №58 35/10кВ по фидеру 58-08....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Разработка мероприятия по снижению потерь и оценка его эффективности.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Заключение .....	51
Список использованных источников .....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности энергоснабжающих организаций. Этот индикатор все отчетливее свидетельствует о накапливающихся проблемах, которые требуют безотлагательных решений в развитии, реконструкции и техническом перевооружении электрических сетей, совершенствовании методов и средств их эксплуатации и управления, в повышении точности учета электроэнергии, эффективности сбора денежных средств за поставленную потребителям электроэнергию и т.п.

Увеличение потерь электроэнергии в электрических сетях сверх рационального уровня – это прямые финансовые убытки электросетевых компаний. Экономия от снижения потерь можно было бы направить на техническое перевооружение и совершенствование электрических сетей, повышение надежности и качества электроснабжения потребителей, уменьшение тарифов на электроэнергию и т.д.

Электричество является единственным видом продукции, транспортировка которой осуществляется за счет расхода определенной части самой продукции, поэтому потери электроэнергии при ее передаче неизбежны, поэтому становится актуальной задача их снижения до рационального или экономически обоснованного уровня.

Во всех электросетевых компаниях разработаны и реализуются программы снижения потерь электроэнергии, внедряются механизмы материального стимулирования персонала и персональной ответственности за реализацию программ снижения потерь.

Задача оценки экономической эффективности мероприятий по снижению потерь является важнейшей при разработке программ снижения и прогнозе потерь на краткосрочную и долгосрочную перспективу.

Целью проекта является оценка эффективности мероприятий по снижению потерь в электрических сетях на примере ПАО «МРСК Сибири».

Для достижения поставленной цели исследования решены следующие задачи:

- классификация потерь и виды расчетов потерь в электрических сетях;
- характеристика мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях;
- исследование методологических подходов к оценке эффективности мероприятий по снижению потерь, используемые на энергетических предприятиях;
- характеристика предприятия ПАО «МРСК Сибири» как экономического субъекта хозяйствования;
- изучение мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях на предприятии ПАО «МРСК Сибири»;
- анализ структуры потерь электроэнергии на примере ПАО «МРСК Сибири»;
- характеристика воздушной линии К-ной РЭС Красноярского края на ПС «Анцирь» №58 35/10кВ по фидеру 58-08;
- разработка мероприятия по снижению потерь и оценка его эффективности.

# **1 Характеристика и структура потерь электроэнергии в электрических сетях. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии.**

## **1.1 Классификация потерь и виды расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях**

В настоящее время почти повсеместно наблюдается рост потерь электрической энергии в электрических сетях энергоснабжающих организаций. В отдельных Публичных акционерных обществах (ПАО) – потери электроэнергии составляют 15-20%, а в некоторых МГЭС (муниципальных городских электрических сетей) и МРЭС (межрайонные распределительные сети) – 35-40% [1].

По оценкам зарубежных экспертов, максимально допустимые общие потери электроэнергии в электрических сетях не должны превышать 10% (в том числе нетехническая составляющая, включающая и потери от задержки оплаты, которая в передовых энергокомпаниях составляет не более 1,5-2%).

Рост потерь энергии в районных электрических сетях определен действием вполне объективных закономерностей в развитии всей энергетики в целом. Основными из них являются: тенденция к концентрации производства электроэнергии на крупных электростанциях; непрерывный рост нагрузок электрических сетей, связанный с естественным ростом нагрузок потребителей и отставанием темпов прироста пропускной способности сети от темпов прироста потребления электроэнергии и генерирующих мощностей.

Потери электроэнергии ( $\Delta W_{отч}$ ) определяют как разницу между электроэнергией, поступившей в сеть, и электроэнергией, отпущенной потребителям, определяемой по данным системы учета поступления и полезного отпуска электроэнергии.

Учитывая физическую природу и специфику методов определения количественных значений потерь, они могут быть разделены на четыре составляющие:

– технические потери электроэнергии  $\Delta W_T$  (потери в элементах электрической сети), обусловленные физическими процессами в проводах и электрооборудовании, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям;

– расход электроэнергии на собственные нужды подстанций  $\Delta W_{сн}$ , необходимый для обеспечения работы технологического оборудования подстанций и жизнедеятельности обслуживающего персонала, определяемый по показаниям счетчиков, установленных на трансформаторах собственных нужд подстанций;

– потери электроэнергии, обусловленные инструментальными погрешностями их измерения (инструментальные потери)  $\Delta W_{изм}$ ;

– коммерческие потери  $\Delta W_k$ , обусловленные хищениями электроэнергии, несоответствием показаний счетчиков оплате за электроэнергию бытовыми потребителями и другими причинами в сфере организации контроля за потреблением энергии [10].

Структура потерь электроэнергии в электрических сетях представлена на рисунке 1.1.

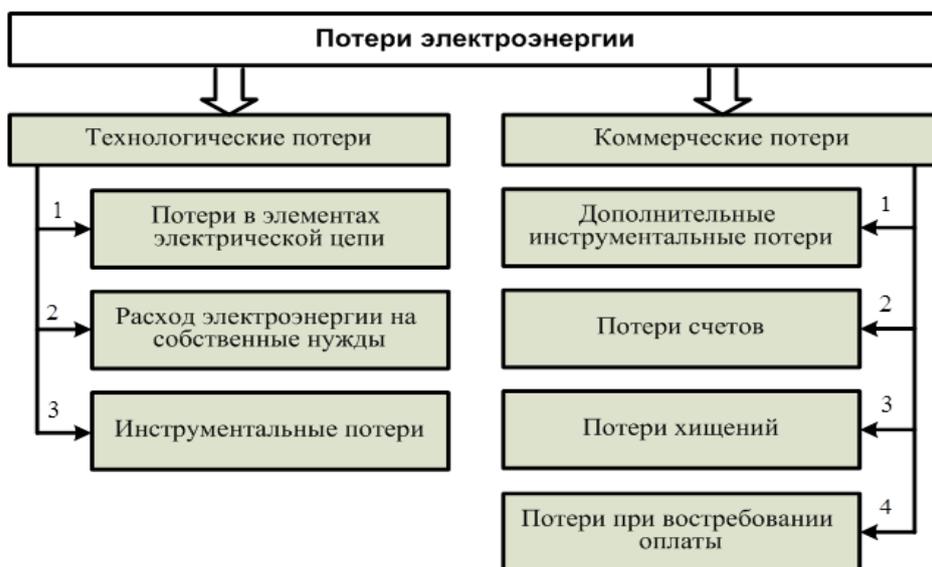


Рисунок 1.1 - Структура потерь электроэнергии в электрических сетях

Технические потери электроэнергии, в свою очередь, подразделяют на условно-постоянные потери и переменные потери электроэнергии в сетях [10].

Условно – постоянные потери электроэнергии – технические потери электроэнергии, практически не зависящие от нагрузки. Они включают в себя:

- потери холостого хода в силовых трансформаторах;
- потери в соединительных проводах и сборных шинах распределительных устройств подстанций;
- потери в измерительных трансформаторах тока;
- потери в измерительных трансформаторах напряжения;
- потери в электрических счетчиках 0,22-0,66 кВ;
- потери на корону в воздушных линиях электропередачи напряжением 110кВ;
- потери от токов утечки по изоляторам воздушных линий электропередачи;
- потери в изоляции силовых кабелей;
- расход электроэнергии на плавку гололеда;
- расход электроэнергии на собственные нужды подстанций.

Переменные (нагрузочные) потери электроэнергии – технические потери электроэнергии в линиях и силовых трансформаторах, зависящие от передаваемой нагрузки. Нагрузочные потери электроэнергии определены для следующих элементов сети:

- линии электропередачи;
- силовые трансформаторы;
- токоограничивающие реакторы.

Три первые составляющие структуры потерь, а именно технические потери, инструментальные и расход электроэнергии на собственные нужды, обусловлены технологическими потребностями процесса передачи электроэнергии по сетям и инструментального учета ее поступления и отпуска. Сумма этих составляющих описывается термином технологические потери.

Технологические потери электроэнергии в сетях – это потери, получаемые в результате ее передачи и трансформации, они, как правило, определяются при помощи расчетов.

Четвертая составляющая – коммерческие потери – представляет собой воздействие «человеческого фактора» и включает в себя все его проявления: сознательные хищения электроэнергии некоторыми абонентами с помощью изменения показаний счетчиков, неоплату или неполную оплату показаний счетчиков и т.п.

В общем виде технологические потери электроэнергии можно представить следующими структурными составляющими:

- нагрузочные потери в оборудовании подстанций. К ним относятся потери в линиях и силовых трансформаторах, а также потери в измерительных трансформаторах тока, высокочастотных заградителях (ВЧ - заградитель) серии ВЗ связи и токоограничивающих реакторах. Все эти элементы включаются в "рассечку" линии, т.е. последовательно, поэтому потери в них зависят от протекающей через них мощности.

- потери холостого хода, включающие потери в электроэнергии в силовых трансформаторах, компенсирующих устройствах (КУ), трансформаторах напряжения, счетчиках и устройствах присоединения ВЧ-связи, а также потери в изоляции кабельных линий.

- климатические потери, включающие в себя два вида потерь: потери на корону и потери из-за токов утечки по изоляторам воздушных линий (ВЛ) и подстанций. Оба вида зависят от погодных условий.

Технологические потери в электрических сетях энергоснабжающих организаций (энергосистем) должны рассчитываться по трем диапазонам напряжения [10]:

- в питающих сетях высокого напряжения 35 кВ и выше;
- в распределительных сетях среднего напряжения 6-10 кВ;
- в распределительных сетях низкого напряжения 0,38 кВ.

В суммарных потерях по всей цепи передачи электроэнергии от источников до электроприемников наибольшие потери зафиксированы на распределительных сетях 0,38-6-10 кВ, эксплуатируемых РЭС (районы электрических сетей) и ПЭС (предприятия электрических сетей). Это обусловлено особенностями построения, функционирования, организацией эксплуатации данного вида сетей: большим количеством элементов, разветвленностью схем, недостаточной обеспеченностью приборами учета, относительно малой загрузкой элементов и т.п.

В настоящее время по каждому РЭС и ПЭС энергосистем технические потери в сетях 0,38 – 6 – 10 кВ рассчитываются ежемесячно и суммируются за год. Полученные значения потерь используются для расчета планируемого норматива потерь электроэнергии на следующий год.

Коммерческие потери обусловлены хищениями электроэнергии, занижением бытовыми потребителями показаний счетчиков при оплате, задержкой платежей, неоплатой счетов и несовершенством организации контроля над потреблением энергии. Большая доля коммерческих потерь приходится на электрические сети напряжением 0,4 кВ. Их величину вычисляют как разницу между фактическими (отчетными) и технологическими потерями:

$$\Delta W_k = \Delta W_{отч} - \Delta W_T - \Delta W_{сн} - \Delta W_{изм} \quad (1.1)$$

Коммерческие потери представляют четыре группы [11]:

– дополнительные инструментальные потери;

Потери, обусловленные погрешностями систем учета электроэнергии. Порождены использованием измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН), счетчиков и т.д. в ненормированных условиях работы заниженными классами точности. Основной метод снижения инструментальных потерь - совершенствование приборов учета, замена существующих приборов учета электроэнергии на современные (с более

высоким классом точности). На предприятиях энергопоставщиков принимаются программы мероприятий по модернизации соответствующего оборудования, выделяются значительные собственные финансовые средства. Однако, проведение этих мероприятий в отрыве от других, в частности направленных на повышение собираемости платежей, не обеспечивает получение ожидаемого экономического эффекта. Следует отметить, что решение этой проблемы возможно только на базе комплексных подходов, включающих кроме названных мероприятий создание автоматизированных средств мониторинга и контроля с расширением функций приборов учета, позволяющих использовать их в составе автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) [41].

– потери при выставлении счетов;

Обусловлены недостаточной или ошибочной информацией о заключенных договорах, использовании специальных тарифов или льгот. Их доля в структуре коммерческих потерь минимальна. Здесь также эффективно использование автоматизированных средств на базе вычислительной техники.

– потери из-за хищений электроэнергии;

Порождены несанкционированным подключением потребителей, мошенничеством с приборами учета и т.д. по оценкам специалистов ежегодно в России разворовывается до 10-12 млрд кВт\*ч электроэнергии. В сельской местности и в районах индивидуальной жилой застройки уровень потерь из-за хищений электроэнергии, как правило, выше, чем в городских многоэтажных кварталах. Снижение этой составляющей потерь требует наряду с ручным контролем энергопоставщиков посредством проверки целостности пломб и правильности включения приборов учета привлечение дополнительных технических и организационных мероприятий, позволяющих оперативно выявлять места несанкционированных подключений потребителей к линиям электроснабжения.

– потери при востребовании оплаты.

Вызваны несвоевременной оплатой за потребленную энергию позже установленной даты, продолжительными или безнадежными долгами и неоплачиваемыми счетами. В структуре финансовых потерь электроснабжающей организации основную роль играют потери, обусловленные неоплатой электроэнергии и потери из-за задержки платежей. Степень оплаты электроэнергии населением энергоснабжающим компаниям существенно колеблется: от 30 до 95 %, составляя в среднем по стране 65-70 %. Это вызвано, прежде всего, существующей системой расчетов за электроэнергию после ее потребления. Основная причина задержки оплаты - отсутствие механизмов и возможностей своевременного контроля энергопоставщиками сроков и сумм оплаты потребленной электроэнергии, а также отсутствие технологических, юридических и финансовых возможностей оперативного воздействия на неплательщиков.

Для объективной оценки и анализа значений потерь электрической энергии целесообразно выполнение следующих видов расчетов: ретроспективные (выполняются по ретроспективным (отчетным) данным), оперативные (выполняются по оперативным (текущим) данным, получаемым через устройства телеизмерений) и перспективные (выполняются по прогнозируемым (планируемым) показателям с учетом выполнения мероприятий по оптимизации работы электрической сети) [12].

Ретроспективные расчеты (определение потерь электроэнергии за прошедшие интервалы времени) выполняют для:

- определения структуры потерь электроэнергии по группам элементов электрической цепи;
- оценки коммерческих потерь электроэнергии;
- выявления элементов (групп элементов) с повышенными потерями электроэнергии и разработки мероприятий по их снижению;
- определения фактической эффективности внедренных мероприятий по снижению потерь электроэнергии;

- составления балансов электроэнергии по энергосистеме в целом, ее структурным подразделениям и подстанциям и разработки мероприятий по снижению небалансов до допустимых значений;

- определения технико-экономических показателей энергосистемы;

- проведения финансовых расчетов с потребителями и другими энергосистемами за потери электроэнергии в линиях и трансформаторах, не учитываемые счетчиками электроэнергии.

Оперативные расчеты (определение потерь электроэнергии за текущие интервалы времени) выполняют для [12]:

- текущего контроля за значениями потерь электроэнергии и их изменением во времени;

- оперативной корректировки режимов и схем электрических сетей в целях минимизации потерь;

- определения ожидаемых потерь электроэнергии за месяц, квартал, год;

- формирования базы данных, используемых при прогнозировании потерь электроэнергии и выполнении перспективных расчетов.

Перспективные расчеты выполняются для:

- определения ожидаемых потерь электроэнергии на планируемый и дальнейшие годы;

- расчета ожидаемой эффективности планируемых мероприятий по снижению потерь;

- сравнения вариантов реконструкции электрических сетей по уровню потерь электроэнергии.

Расчеты потерь электроэнергии должны базироваться на основе измерительных данных суточных графиков тока нагрузки и напряжения на шинах ЦП (центр питания) и РП (распределительный пункт), приходящихся на период контрольных замеров в зимний максимум и летний минимум нагрузок. Измерения проводятся при нормальном режиме работы электрической сети. Результаты расчетов используются для анализа структуры технологического

расхода электроэнергии на ее передачу и распределение, выявления элементов с повышенными потерями, разработки мероприятий по снижению потерь электрической энергии, а также при обосновании их размера для целей установления тарифов на электрическую энергию или размера платы за услуги по ее передаче и распределению.

## **1.2 Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях**

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях может быть достигнуто как в результате проведения мероприятий по общей оптимизации сети, когда снижение потерь энергии является одной из составляющих частей комплексного плана, так и в результате проведения мероприятий, направленных только на снижение потерь. По этому признаку все мероприятия по снижению потерь могут быть условно разделены на три группы [12]:

- организационные, к которым относятся мероприятия по совершенствованию эксплуатационного обслуживания электрических сетей и оптимизации их схем и режимов (практически беззатратные мероприятия по снижению потерь);

- технические, к которым относятся мероприятия по реконструкции, модернизации и строительству сетей (мероприятия по снижению потерь, требующие дополнительных капиталовложений);

- мероприятия по совершенствованию учета электроэнергии, которые могут быть как практически беззатратными, так и требующими дополнительных затрат (при организации новых точек учета).

Классификация мероприятий по снижению потерь изображена на рисунке 1.2.

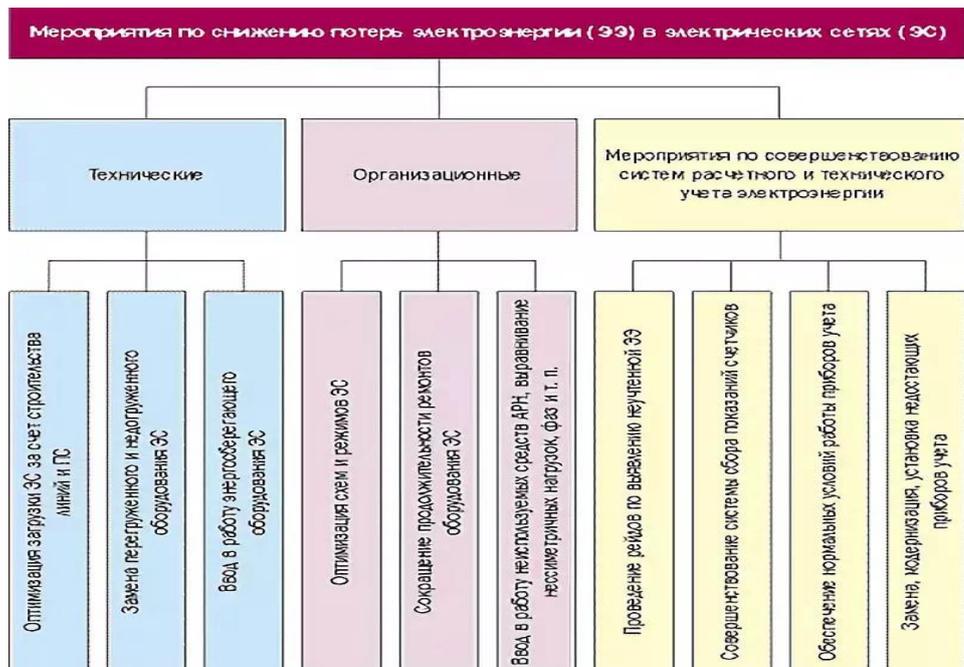


Рисунок 1.2 - Классификация мероприятий по снижению потерь в электрических сетях

Исходя из особенностей получения эффекта, мероприятия также могут быть разделены на четыре группы:

- мероприятия по совершенствованию управления режимами электрических сетей;
- мероприятия по автоматизации управления режимами электрических сетей;
- мероприятия по реконструкции электрических сетей;
- мероприятия по совершенствованию учета электроэнергии.

К мероприятиям по совершенствованию управления режимами электрических сетей относятся [12]:

- реализация оптимальных режимов замкнутых электрических сетей 110 кВ и выше по реактивной мощности и напряжению;
- проведение переключений в рабочей схеме сети, обеспечивающих распределение электроэнергии при минимальных потерях;
- перевод неиспользуемых генераторов станций в режим СК;

– осуществление регулирования напряжения в центрах питания радиальных сетей 6-110 кВ, обеспечивающего минимальные потери электроэнергии при допустимых отклонениях напряжения у потребителей электроэнергии;

– размыкание линий 6-35 кВ с двухсторонним питанием в точках, обеспечивающих электроснабжение потребителей при минимальных суммарных потерях электроэнергии в сетях 6-35 кВ и выше;

– отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами;

– выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ.

Оптимальные режимы работы ряда устройств определяются местными параметрами текущего режима электрической сети. Их регулирование целесообразно осуществлять с помощью автоматических устройств, установленных непосредственно в точке установки оборудования. Эффект от их установки заключается в более тщательном отслеживании изменений режима, чем это могло бы быть выполнено диспетчером. К мероприятиям по автоматизации управления режимами электрических сетей относятся [11]:

– установка и ввод в работу автоматических регуляторов напряжения на трансформаторах с РПН;

– установка и ввод в работу автоматических регуляторов источников реактивной мощности;

– установка и ввод в работу средств телеизмерений.

К мероприятиям по реконструкции электрических сетей относятся:

– разукрупнение подстанций, ввод дополнительных ВЛ и трансформаторов для разгрузки перегруженных участков сетей, перемещение трансформаторов с одних подстанций на другие с целью нормализации их загрузки, ввод дополнительных коммутационных аппаратов и т.п.;

– ввод компенсирующих устройств (КУ) на подстанциях энергосистемы;

– ввод технических средств регулирования напряжения (трансформаторов с продольно-поперечным регулированием, вольтодобавочных трансформаторов, трансформаторов с РПН и т.д.).

Реконструкцию схем сетей проводят, исходя из рассмотрения комплекса условий, в которых уровень потерь электроэнергии является одним из параметров, но, как правило, не основным. Поэтому такую реконструкцию относят не к целевым мероприятиям по снижению потерь, а к мероприятиям с сопутствующим снижением потерь. Численное значение снижения потерь определяют на основе сравнения их значений до и после реконструкции.

Ввод компенсирующих устройств и технических средств регулирования напряжения производят, исходя из снижения потерь как основного фактора (как правило). Иногда целью является увеличение пропускной способности сети или нормализация отклонений напряжения. Эффективность этих мероприятий определяют на основе сравнения потерь до и после их проведения [32].

К мероприятиям по совершенствованию учета электроэнергии относятся:

– обеспечение работы измерительных трансформаторов и электросчетчиков в допустимых условиях (отсутствие недогрузки первичных цепей ТТ, перегрузки вторичных цепей ТТ и ТН, обеспечение требуемых температурных условий, устранение вибраций оснований счетчиков и т.д.);

– замена измерительных трансформаторов на трансформаторы с улучшенными характеристиками и с номинальными параметрами, соответствующими фактическим нагрузкам;

– замена существующих приборов учета на приборы с улучшенными характеристиками;

– установка приборов технического учета электроэнергии на радиальных линиях, отходящих от подстанций (головной учет);

– периодические проверки условий работы электросчетчиков расчетного учета у потребителей и выявление хищений электроэнергии.

Необходимость обеспечения допустимых условий работы приборов учета, их периодических проверок и выявления хищений электроэнергии не требует особых пояснений.

Обоснование целесообразности замены измерительных трансформаторов и приборов учета на оборудование с улучшенными характеристиками, приоритетную последовательность такой замены и количественную оценку эффективности замены каждого прибора осуществляют на основе расчета снижения потерь электроэнергии, обусловленных погрешностями приборов учета, происходящего при замене приборов.

Установка приборов технического учета электроэнергии на отходящих от подстанции линиях целесообразна на радиальных линиях 35-110 кВ, фидерах 6-10кВ и линиях 0,4 кВ. Их установка позволяет определять фактические небалансы электроэнергии, увеличить точность расчета технических потерь электроэнергии и локализовать очаги коммерческих потерь [5].

Мероприятия каждой из перечисленных групп имеют организационные и технические аспекты.

К организационным аспектам мероприятий по снижению потерь относятся:

- внедрение программного обеспечения, проведение расчетов по выбору мероприятия по снижению потерь и оценке их экономических показателей;
- разработка плана мероприятий;
- выпуск организационно-распорядительных документов, устанавливающих ответственность подразделений за те или иные составляющие потерь и за проведение мероприятий по их снижению в установленные планом сроки;
- разработка системы стимулирования персонала к снижению потерь электроэнергии;
- введение системы контроля за проведением работ по снижению потерь электроэнергии и соответствующей системы их учета и анализа;

- выделение средств и материальных ресурсов для приобретения необходимого оборудования, его доставки и установки;

- установление в договорах электроснабжения условий потребления реактивной энергии потребителями в соответствии с действующими нормативными документами.

Перечисленные работы и действия мероприятиями по снижению потерь не являются и непосредственного эффекта, выражающегося в снижении потерь, не имеют.

К техническим аспектам мероприятий по снижению потерь относятся [10]:

- реализация оптимального управления режимами электрических сетей;
- установка и ввод в действие технических средств снижения потерь электроэнергии, средств телеизмерений параметров режима электрических сетей и автоматических устройств управления режимами.

Во всех электросетевых компаниях разработаны и реализуются программы снижения потерь электроэнергии, внедряются механизмы материального стимулирования персонала и персональной ответственности за реализацию программ снижения потерь.

Одним из главных условий реального внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии, особенно связанных со снижением уровня хищений электроэнергии, является создание соответствующей нормативно-правовой базы.

РАО «ЕЭС России» и ПАО «ФСК ЕЭС», призванные проводить единую техническую политику в электроэнергетике должны выделять соответствующее финансирование на нормативно-правовое обеспечение снижения потерь электроэнергии, т. к. при его отсутствии убытки от отсутствия этого обеспечения могут очень быстро перекрыть кажущуюся экономию на его создание.

### 1.3 Методологические подходы к оценке эффективности мероприятий по снижению потерь, используемые на энергопредприятиях

Задача оценки экономической эффективности мероприятий по снижению потерь является важнейшей при разработке программ снижения и прогнозе потерь на краткосрочную и долгосрочную перспективу. Обоснование внедрения мероприятия по снижению потерь включает оценку как экономического, так и технического эффекта.

Определение численного значения технической эффективности от внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии проводится в целях [3]:

- сравнения расчетного ожидаемого значения эффективности, определенного на этапе разработки программы по снижению потерь электроэнергии, со значением фактической (действительной) эффективности, достигнутой уже в результате внедрения мероприятий;

- накопления статистики по численным значениям эффектов от внедрения мероприятий и дальнейшего их использования при разработке мероприятий на следующие периоды;

- определения удельной эффективности в виде снижения потерь электроэнергии по результатам выполненного мероприятия.

Ожидаемое снижение потерь электроэнергии от внедрения мероприятия по снижению технических и коммерческих потерь будет равно:

$$\delta W_i = \delta W_{удi} * N_i, \quad (1.2)$$

где  $N_i$  – физический объем планируемого  $i$ -го мероприятия;

$\delta W_{удi}$  – удельный эффект в виде снижения коммерческих потерь электроэнергии, определенный по результатам ранее выполненного  $i$ -го мероприятия или их группы, кВт\*ч/ед. объема мероприятия.

Таким образом, по результатам выполнения мероприятий необходимо оценивать фактическую эффективность в виде снижения потерь электроэнергии от внедрения соответствующего мероприятия или их группы, а далее ежегодно определять для каждого мероприятия или их группы удельную эффективность на единицу фактического объема [7]:

$$\delta W_{\text{уд}i} = (\delta W_i)/(N_i), \quad (1.3)$$

где  $\delta W_i$  – суммарное фактическое снижение технических и коммерческих потерь электроэнергии от внедрения  $i$ -го мероприятия или их группы, кВт\*ч;

$N_i$  – физический объем выполненного  $i$ -го мероприятия или их группы.

Следует отметить, что при таком подходе, по результатам выполнения мероприятий необходимо постоянно и своевременно проводить корректировку значения удельной эффективности, так как в случае успешной деятельности сетевой компании по снижению потерь электроэнергии удельная эффективность будет уменьшаться по мере приближения фактических потерь электроэнергии к технологическим.

Для оценки фактического эффекта от внедренных в исследуемом периоде мероприятий по снижению технических и коммерческих потерь электроэнергии определяется общее изменение фактических потерь электроэнергии ( $\delta \Delta W_{\text{отч}}^t$ ) в исследуемом периоде  $t$  по отношению к фактическим потерям электроэнергии в предшествующем периоде ( $t - 1$ ).

Однако, как было сказано выше, на изменение фактических потерь электроэнергии (кроме непосредственно внедрения мероприятий по их снижению) оказывает влияние очень широкий спектр факторов, большинство из которых не наблюдаемы и не рассчитываемы. Но так как задача расчета фактической эффективности от внедрения мероприятий должна быть решена, предлагается учитывать те факторы, которые можно численно оценить и использовать в дальнейшем анализе. По мере возможности необходимо постоянное уточнение перечня влияющих факторов и их численной оценки.

Укрупнено изменение фактических потерь электроэнергии можно представить в виде формулы:

$$\delta \Delta W_{\text{отч}}^t = \delta \Delta W_{\text{т}}^t + \delta \Delta W_{\text{мспт}}^t + \delta \Delta W_{\text{к}}^t + \delta \Delta W_{\text{мспкт}}^t, \quad (1.4)$$

где  $\delta \Delta W_{\text{т}}^t$ ,  $\delta \Delta W_{\text{к}}^t$  – изменение технических и коммерческих потерь электроэнергии в исследуемом периоде t, соответственно, кВт\*ч;

$\delta \Delta W_{\text{мспт}}^t$ ,  $\delta \Delta W_{\text{мспкт}}^t$  – эффективность в виде изменения потерь электроэнергии от внедрения мероприятий по снижению технических и коммерческих потерь электроэнергии, соответственно, кВт\*ч.

В формуле 1.4:

– все составляющие могут быть как положительными, так и отрицательными. При расчете должны подставляться в формулу со своими знаками;

– в изменении технических потерь электроэнергии учитываются оцененные в кВт\*ч показатели, связанные с изменением нагрузок, коммутационным состоянием электрической сети и составом и параметрами оборудования;

Изменение технических потерь электроэнергии, обусловленное внедрением мероприятий по их снижению, должно исключаться, так как эффект от снижения технических потерь электроэнергии в формуле представлен отдельной составляющей.

– изменение коммерческих потерь электроэнергии в исследуемом периоде определяется по результатам анализа их структурных составляющих. При определении данного показателя исключаются эффекты от внедрения мероприятий по их снижению. В изменении коммерческих потерь электроэнергии могут быть включены оцененные в кВт\*ч такие показатели, как совершенные ошибки в формировании объемов потребленной электроэнергии, которых в предшествующем году не было, выход из строя измерительных комплексов и т.п [7].

Эффективность реализации проекта также может быть охарактеризована системой экономических показателей и критериев, отражающих соотношение затрат (единовременных и текущих) и результатов, получаемых при осуществлении мероприятий на объекте. В зависимости от масштабности и значимости мероприятий (новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение, модернизация, рационализаторское предложение) могут использоваться простые (статистические) или интегральные критерии.

В качестве простых показателей и критериев, используемых для оценки мероприятий, со сроком вложения инвестиций в течение одного года и неизменными по годам эксплуатации текущими издержками, предлагаются следующие: чистая прибыль, срок окупаемости инвестиций, рентабельность инвестиций [17].

Интегральные критерии экономической оценки инвестиций оперируют с показателями работы проектируемых объектов по годам расчетного периода с учетом фактора времени. В них также могут быть учтены прогнозируемые темпы инфляции. В интегральных критериях расходы и доходы, разнесенные по времени, приводятся к одному (базовому) моменту времени, которым обычно является дата начала реализации проекта, дата начала производственной деятельности или условная дата, близкая ко времени проведения расчетов эффективности проекта.

Чистый дисконтированный доход или интегральный эффект (ЧДД) – это дисконтированная разность между стоимостными оценками изменения результатов и затрат (единовременных и текущих):

$$\Delta\text{ЧДД} = \sum_{m=0}^T (\Delta\text{ЧП}_m - K_m + \Delta\text{И}_{Am}) * \frac{1}{(1+E)^m} , \quad (1.5)$$

где  $\Delta\text{ЧП}_m$  – прирост чистой прибыли на шаге  $m$ , руб.;

$K_m$  – инвестиции (капитальные вложения) на шаге  $m$  руб.;

$\Delta I_{Am}$  – прирост амортизационных отчислений от стоимости введенного по проекту оборудования на шаге  $m$ ;

$E$  – норма дисконта, принимаемая с учетом банковских процентов на вклады, инфляции и риска;

$T$  – расчетный период.

Критерием эффективности инвестиций является условие  $ЧДД > 0$ .

Срок окупаемости инвестиций. Срок окупаемости определяет минимальную продолжительность периода, по истечении которого ЧДД становится положительным. Чем меньше срок окупаемости, тем короче период возврата вложенного в мероприятие капитала [37].

Дисконтированный срок окупаемости – минимальный временной интервал (от начала осуществления мероприятия), по истечении которого чистый дисконтированный доход становится и в дальнейшем остается положительным.

Срок окупаемости с учетом дисконтирования результатов и затрат определяется из уравнения, решение которого в табличной или графической формах дает срок окупаемости в годах.

Индекс доходности инвестиций. Индекс доходности инвестиций характеризует отдачу на вложенный капитал. Определяется как отношение суммы дисконтированных доходов к сумме дисконтированных капитальных вложений: Вложение капитала является эффективным, если данное соотношение больше единицы, т.е.  $ИД > 1$ .

Рассмотренные выше критерии оценки эффективности в известной степени взаимосвязаны. Некоторые из них дополняют друг друга, другие в той или иной мере независимы. Одновременное нецеленаправленное использование для определения эффективности мероприятия нескольких (свыше трех-четырех) критериев в большинстве случаев неоправданно, поскольку не облегчает, а затрудняет объективную оценку из-за возможной неоднозначности выбора.

## **2 Анализ и оценка потерь электроэнергии на примере предприятия ПАО «МРСК Сибири»**

### **2.1 Характеристика предприятия ПАО «МРСК Сибири» как экономического субъекта хозяйствования**

Публичное акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири» образовано в целях эффективного управления распределительным электросетевым комплексом Сибири. Общество учреждено по решению учредителя (Распоряжение Председателя Правления ОАО РАО «ЕЭС России» от 1 июля 2005 года №149р) в соответствии с Гражданским Кодексом Российской Федерации, Федеральным Законом «Об акционерных обществах» и другими нормативными правовыми актами Российской Федерации и зарегистрировано 4 июля 2005 года.

До 31 марта 2008 года МРСК Сибири являлась 100%-ной дочерней компанией ОАО РАО «ЕЭС России», уставный капитал составлял 10 млн. руб. и был разделен на 100 млн. обыкновенных акций номинальной стоимостью 10 копеек [42].

26.06.2015 на годовом общем собрании акционеров Общества принято решение об утверждении Устава в новой редакции – ОАО «МРСК Сибири» переименовано в ПАО «МРСК Сибири».

На данный момент Публичное акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири» (ПАО «МРСК Сибири», МРСК Сибири, Общество, Компания) – дочернее предприятие ПАО «Россети», осуществляющее передачу и распределение электроэнергии на территории республик Алтай, Бурятия, Тыва и Хакасия, Алтайского, Забайкальского, Красноярского краев, Кемеровской и Омской областей.

На рисунке 2.1 представлена территория обслуживания компании.

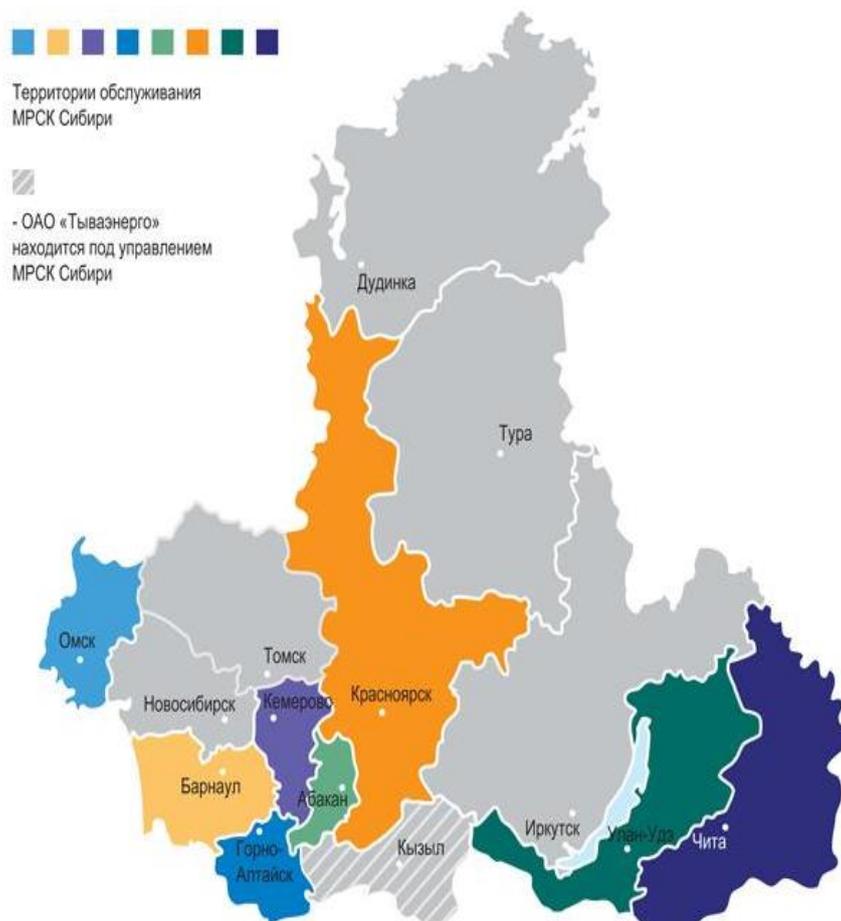


Рисунок 2.1 - Территория обслуживания ПАО «МРСК Сибири»

В состав ПАО «МРСК Сибири» входят филиалы [42]:

- «Алтайэнерго»;
- «Бурятэнерго»;
- «Горно-Алтайские электрические сети»;
- «Красноярскэнерго»;
- «Кузбассэнерго-РЭС»;
- «Омскэнерго»;
- «Хакасэнерго»;
- «Читаэнерго».

Дочерние общества:

- ПАО «Тываэнерго»;

- ПАО «ЭСК Сибири»;
- ПАО «Соцсфера»;
- АО «Сибирьэлектросетьсервис».

ОАО «Тываэнерго» (дочернее общество) находится под управлением ПАО «МРСК Сибири».

Публичное акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири» (ПАО «МРСК Сибири») осуществляет передачу и распределение электроэнергии на территории Сибирского Федерального округа. Территория присутствия Компании превышает 1,8 млн. кв. км, что составляет около 11 % всей территории Российской Федерации.

Уставный капитал Общества составляет 9988619381,9 рублей и состоит из 94815163249 обыкновенных акций номинальной стоимостью 10 копеек каждая и 5071030570 привилегированных акций номинальной стоимостью 10 копеек каждая.

С начала июня 2008 года обыкновенные акции МРСК Сибири допущены к торгам без прохождения процедуры листинга на фондовых биржах ММВБ и РТС под тиккером MRKS, что позволило расширить круг профессиональных инвесторов, которые вправе совершать операции с ценными бумагами [42].

Активы Компании представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Имущественный комплекс ПАО «МРСК Сибири»

Вид	Собственность	Аренда	Общая мощность, МВА
Воздушные и кабельные линии электропередачи, тыс. км	244,5	6	-
Трансформаторные подстанции напряжением 635/0,4	50406	2433	11912

Окончание таблицы 2.1

Вид	Собственность	Аренда	Общая мощность, МВА
Подстанции напряжением 35 кВ	1773	17	30134

Деятельность компании является основой социально-экономического благополучия Сибирского федерального округа и осуществляется по трем основным направлениям указанным в таблице 2.2 .

Таблица 2.2 – Основные виды деятельности ПАО «МРСК Сибири» [42]

Вид деятельности	Описание
Передача электрической энергии	потребителями являются лица, владеющие на праве собственности или на ином законном основании энергопринимающими устройствами и (или) объектами электроэнергетики, технологически присоединенные в установленном порядке к электрической сети субъекты оптового рынка электрической энергии, осуществляющие экспорт (импорт) электрической энергии, а также энергосбытовые организации и гарантирующие поставщики в интересах обслуживаемых ими потребителей электрической энергии
Технологическое присоединение	технологическое присоединение энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям

## Окончание таблицы 2.2

Вид деятельности	Описание
Инвестиции и ремонты	ремонт и модернизации действующих активов, ввод новых мощностей

Миссия компании – это стремление к обеспечению максимальной надежности и доступности распределительной сетевой инфраструктуры для потребителей на всей территории присутствия за счет предоставления услуг, соответствующих высоким стандартам качества.

Стратегические цели ПАО «МРСК Сибири» [42]:

– обеспечение системной надежности и безопасности для поддержания устойчивого функционирования распределительно-сетевых комплексов региона, безопасной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования и сооружений, предотвращение угроз для жизни и здоровью населения и сотрудников Компании, возникновения опасности загрязнения, ухудшения экологической обстановки, негативного воздействия на окружающую среду;

– устойчивое повышение качества и объемов предоставляемых услуг передачи электрической энергии; поддержание соответствия качества данных услуг стандартным требованиям;

– создание инфраструктурной основы для экономического развития Сибирского региона при обязательном обеспечении экологической безопасности;

– реновация основных фондов распределительно-сетевых комплексов региона;

– рост капитализации Общества, подразумевающий неуклонное увеличение доходов, рост прибыльности, расширение и качественное обновление портфеля активов Общества в целях защиты интересов акционеров, увеличения инвестиционной привлекательности Общества;

– обеспечение эффективности бизнес-процессов Общества на основе прозрачной и постоянно развивающейся системы управления.

Приоритетной целью ПАО «МРСК Сибири» является преобразование Общества в высокотехнологичную и социально-ответственную операционную компанию, учитывающую интересы конкретных людей и общества. Стремление к оказанию услуг, уровень которых отвечает требованиям потребителей, Общества и национальных стандартов, подтверждается готовностью к реализации планов по развитию и эксплуатации действующей энергетической инфраструктуры, а также применению современных материалов, оборудования и технологий. Высокий уровень профессионализма и ответственности членов коллектива гарантирует выполнение и соблюдение установленных требований. Качество оказываемых услуг гарантируется за счет:

- соблюдением всех законодательно установленных требований;
- поддержания результативной обратной связи с потребителями с целью завоевания признания и повышения их удовлетворенности;
- обучения персонала, в том числе безопасной организации труда и безопасным приемам работы;
- постоянного совершенствования производственных процессов с учетом технических разработок, научных изысканий, нужд потребителей и ожиданий общества;
- постоянного совершенствования взаимовыгодных отношений с поставщиками, товары и работы которых используются при оказании услуг;
- предотвращения чрезвычайных ситуаций и других угроз;
- ориентации на предупреждение несоответствий, а не на устранение их последствий [42].

Важный аспект деятельности электросетевого комплекса – внедрение энергоресурсосберегающей политики. В целом, основополагающими приоритетами энергетической стратегии и экологической политики ПАО «МРСК Сибири», как одной из крупнейших распределительных сетевых компаний России, являются:

– полное и надежное обеспечение населения и экономики страны энергоресурсами по доступным и вместе с тем стимулирующим энергосбережение ценам;

– снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов за счет рационализации их потребления, применения энергосберегающих технологий и оборудования, сокращения потерь на стадиях передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Комплексное выполнение перечисленных мероприятий, при поддержке Федеральных и Региональных органов власти, приведет к снижению расходов из бюджетов всех уровней, повышению надежности электроснабжения, повышению качества электроэнергии, высвобождению мощности для технологического присоединения и снижению темпов роста тарифов на услуги, оказываемые ПАО «МРСК Сибири».

Социальная политика является одним из важнейших направлений работы Общества, поэтому компания стремится обеспечить должный уровень социальной поддержки персонала и охраны труда. Большое внимание уделяет раскрытию творческого потенциала сотрудников, создания возможностей для их личностного и профессионального роста, а также развитию корпоративной культуры Общества [42].

ПАО «МРСК Сибири» также занимается и природоохранной деятельностью. Компания в полной мере осознает свою ответственность перед обществом за сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов во всех регионах своей деятельности. В процессе производственной деятельности ПАО «МРСК Сибири» происходит незначительное воздействие на окружающую среду, тем не менее, Общество признает это влияние, которое складывается из выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных, передвижных источников, размещения и утилизации отходов производства и потребления. Чтобы минимизировать данные воздействия на окружающую среду Общество руководствуется в своей практической работе

Федеральными законами «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 04.05.1999, «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002, «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ от 24.06.1998.

Кооперативное управление Обществом осуществляется по схеме отраженной на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Кооперативное управление ПАО «МРСК Сибири»

16 мая 2017 года Совет директоров МРСК Сибири единогласно принял решение об избрании Генеральным директором МРСК Сибири Иванова Виталия Валерьевича с 17 мая 2017 года [42].

## 2.2 Характеристика мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях на предприятии ПАО «МРСК Сибири»

В настоящее время расчет и обоснование нормативов технологических потерь электроэнергии и их снижение в электрических сетях организаций, осуществляющих услуги по передаче электроэнергии, осуществляются в соответствии с инструкцией утвержденной приказом Минэнерго России от 23.07.2012г. №340, в которой включена методика расчета технологических потерь.

В процессе разработки мероприятий по снижению потерь электроэнергии возникают три группы проблем:

- определение норматива технологического расхода электроэнергии;
- количественное определение потерь по хозрасчетным подразделениям;
- планирование технического расхода электрической энергии для подразделений с сильно разветвлёнными распределительными электрическими сетями.

Норматив технологического расхода электрической энергии определяется теоретическими методами, то есть с помощью расчетов. На сегодняшний день подобным методам посвящено значительное число статей и публикаций. Главным плюсом теоретических методов определения потерь является то, что с их помощью можно определить с достаточной точностью технологический расход электроэнергии. Выбор необходимого метода зависит от конкретного объекта и его уровня в электрической системе [26].

На сегодняшний день схема построения электрических сетей имеет определенные специфические особенности для каждого предприятия, и учет подобных особенностей возможен благодаря построению структурных моделей в зависимости от фактических ступеней элементов сети и места установки приборов учета поступления и отпуска электроэнергии.

Главная задача сети в целом и ее отдельных элементов является создание такого режима работы, который бы обеспечивал энергией всех потребителей и полностью определялся характером и величиной нагрузок, иными словами интегральным количеством пропущенной по сети электроэнергии. Выполнение комплекса мероприятий по снижению потерь как непроизводительных затрат

до уровня технологического расхода является одной из главных технико-экономических задач электросетевых предприятий.

Более того, важной задачей является борьба с хищениями электроэнергии, входящими в состав коммерческих потерь. Доля хищений в коммерческих потерях достаточно высока. Однако, данный вопрос, связанный с хищениями электрической энергии, способами их обнаружения, и методами их снижения на сегодняшний день по-прежнему остается открытым. Последние 15 лет проводятся различные международные конференции и симпозиумы с участием специалистов из ведущих международных энергетических компаний с целью решения данной проблемы. Компании обмениваются опытом, презентуют свои успехи, предлагают новые решения.

Главными предпосылками хищений электрической энергии являются постоянно удорожание электроэнергии, с одной стороны, и снижение платежеспособности потребителей – с другой. Более того, к основным причинам хищений также можно отнести свободный доступ к сетям и безнаказанность в случаях хищения электроэнергии. На сегодняшний день можно в свободном доступе сети интернет найти множество публикаций о том, как воровать электроэнергию [41].

Стоимость за электрическую энергию в России постоянно растет. При этом процесс формирования цены на электроэнергию для предприятий и организаций очень сложен и подвержен постоянным изменениям. Начиная с 1 января 2012 г. вместо стандартной для потребителя цены на электроэнергию введено понятие шести ценовых категорий. Более того, потребитель должен произвести выбор варианта тарифа на услуги по передаче электроэнергии, одноставочного или двухставочного.

В некоторых ценовых категориях перед употреблением появляется обязанность планировать свое почасовое потребление электроэнергии, и, если фактический объем отклоняется от запланированного объема, необходимо оплатить стоимость этих отклонений. Для крупных потребителей

предусмотрена необходимость оплаты влияния нагрузки потребителя на соотношение активной и реактивной мощности в присоединении.

Кроме того, в отношении потребителей с максимальной мощностью свыше 670 кВт может быть введена система дополнительной оплаты за величину резервируемой мощности. В соответствии с этой системой все потребители должны будут по установленным тарифам производить оплату разницы между фактической мощностью и максимальной мощностью, которая была выделена ему сетевой компанией.

Таким образом, конечная стоимость электроэнергии для предприятия стала зависеть от множества факторов, которые влияют на формирование конечной стоимости электрической энергии. Одной из составляющих являются потери электрической энергии в сетях при передаче, доставке потребителю. При проведении комплексов экономико-организационно-технических мероприятий произойдет значительное снижение стоимости электрической энергии. Комплекс мероприятий по снижению потерь за 2017 г. представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Перечень мероприятий по снижению потерь электрической энергии в сетях, источники их финансирования ПАО «МРСК Сибири» [42]

Наименование мероприятий	Источник финансирования
Организационные мероприятия	
Оптимизация распределения нагрузки между подстанциями основной электрической сети за счет переключений в ее схеме	себестоимость
Отключение в режимах малых нагрузок линий электропередачи в замкнутых электрических сетях и двухцепных линиях	себестоимость
Отключение в режимах малых нагрузок трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами	себестоимость
Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой	себестоимость

Окончание таблицы 2.3

Наименование мероприятий	Источник финансирования
Организационные мероприятия	
Выравнивание нагрузок фаз в электросетях 0,38 кВ	себестоимость
Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций	себестоимость
Выявление неучтенной электроэнергии в результате проведения рейдов	себестоимость
Технические мероприятия	
Замена проводов на перегруженных линиях	собственные средства
Замена ответвлений от ВЛ 0,38 кВ к зданиям	собственные средства
Замена перегруженных и установка и ввод в работу дополнительных силовых трансформаторов на эксплуатируемых подстанциях	собственные средства
Замена недогруженных силовых трансформаторов	собственные средства
Замена коммутационного оборудования	собственные средства
Оптимизация нагрузки электросетей за счет строительства	собственные средства
Мероприятия по совершенствованию систем расчетного и технического учета электроэнергии	
Установка электросчетчиков повышенных классов точности	собственные средства
Создание автоматизированных выносных узлов учета на границах балансовой принадлежности электрических сетей	собственные средства
Проведение проверок и обеспечение своевременности и правильности снятий показаний электросчетчиков на электростанциях и подстанциях	себестоимость
Составление и анализ небалансов электроэнергии по подстанциям и электростанциям	себестоимость

Данные мероприятия, представленные в таблице 2.3, в комплексе рассчитаны на снижение потерь при передаче электрической энергии, и впоследствии должны снижать себестоимость передачи и затрат. В комплексе присутствуют мероприятия, направленные главным образом на снижение

затрат, помимо них предлагаются мероприятия для целей энергосбережения и минимизации потерь при передаче электрической энергии.

По итогам работы ПАО «МРСК Сибири» в 2017 году объем отпуска электрической энергии из сети потребителям и смежным ТСО в границах балансовой и эксплуатационной ответственности составил 60 055,14 млн кВт\*ч, что в сравнении с показателями 2016 года (64 601,06 млн кВт\*ч) на 4 545,92 млн кВт\*ч или 7,04% меньше.

Модернизация систем учета – эффективная мера, позволяющая энергокомпаниям снизить число хищений. Также ПАО «МРСК Сибири» регулярно проводят рейды, во время которых выявляют факты безучетного и бездоговорного потребления электроэнергии, активно сотрудничают с правоохранительными органами в части привлечения лиц к ответственности за хищение электроэнергии. Добросовестные потребители, в свою очередь, получают возможность оптимизировать стоимость электроэнергии, а также сократить затраты на обслуживание систем учета [40].

Решение задачи энергосбережения зависит не только от реализации хищений, принятых на государственном уровне, и инициатив бизнеса, но и от изменения поведения других граждан, которые за долгие годы привыкли бесконтрольно расходовать электроэнергию. И хотя ПАО «МРСК Сибири» напрямую работают с бытовыми потребителями только в процессе технологического подключения к электрическим сетям, в компании ведется активная работа среди населения по пропаганде внимательного отношения к потреблению электроэнергии, распространяются брошюры по энергоэффективности для жителей СФО, в которых приведены простые примеры экономии электроэнергии. По инициативе ПАО «МРСК Сибири» созданы региональные рабочие группы по энергоресурсосбережению и энергоэффективности. В состав этих групп вошли представители органов власти, научных организаций, предприятий энергетического комплекса.

В 2017 году энергетики автоматизировали 89 тыс. точек учета электроэнергии, и сегодня уже почти 19% всех обслуживаемых МРСК Сибири

точек учета включены в систему АИИС КУЭ (автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учёта электроэнергии). Это даст компании в 2018 году дополнительное снижение потерь на 164 млн кВт\*ч.

В 2017 году ПАО «МРСК Сибири» вынуждены были направить на компенсацию потерь в сетях МРСК Сибири более 10,3 млрд рублей. Инвестиционная программа компании в 2017 году составила 8 млрд рублей. Чтобы обеспечить опережающее развитие электросетевого комплекса сибирских регионов, ПАО «МРСК Сибири» необходимо ежегодно увеличивать объемы инвестпрограммы и бороться с потерями, сокращая затраты на их компенсацию. Развитие автоматизированной системы учета и контроля электроэнергии – одна из наиболее действенных мер, предпринимаемых ПАО «МРСК Сибири» в этом направлении.

Потери электрической энергии в электрических сетях, не учтенные в ценах (тарифах) на электрическую энергию на оптовом рынке, приобретаются и оплачиваются сетевыми организациями у гарантирующего поставщика по договору купли-продажи (поставки) электрической энергии (мощности) [18].

Размер фактических потерь электрической энергии в электрических сетях определяется в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 04.05.2012г №442 "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" как разница между объемом электрической энергии, поставленной в электрическую сеть из других сетей или от производителей электрической энергии, и объемом электрической энергии, потребленной энергопринимающими устройствами, присоединенным к этой сети, а также переданной в другие сетевые организации.

Общая стоимость электрической энергии для компенсации потерь электроэнергии, уменьшается на величину потерь электроэнергии, учтенных в равновесных тарифах (ценах) на электроэнергию (мощность) на оптовом рынке.

Потребители услуг, за исключением производителей электрической энергии, обязаны оплачивать в составе тарифа за услуги по передаче электрической энергии нормативные потери, возникающие при передаче электрической энергии по сети сетевой организацией, с которой соответствующими лицами заключен договор, за исключением потерь, включенных в цену (тариф) электрической энергии в целях избежать их двойного учета.

Нормативы потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям утверждаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере топливно-энергетического комплекса, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 13.11.2013 № 1019 и методикой определения нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям.

Определение нормативов потерь электроэнергии, утверждаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, производится в соответствии с инструкцией по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь, утвержденной приказом министерства энергетики РФ от 30.12.2008 г. № 326 (ред. от 01.02.2010).

В рамках энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «МРСК Сибири» и в соответствии с требованием Федерального закона от 23.11.2009 №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» реализуется «Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «МРСК Сибири» на период 2017-2021 гг.».

Цель Программы энергосбережения заключается в реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности производственной деятельности ПАО «МРСК Сибири» [42].

Поставлены следующие задачи Программы:

- сокращение уровня потерь электроэнергии при ее передаче за счет реализации мероприятий;
- сокращение удельного расхода энергетических ресурсов на производственные и хозяйственные нужды за счет реализации мероприятий;
- выполнение программы перспективного развития систем учета электроэнергии на розничном рынке;
- формирование эффективной системы управления энергосбережением;
- обеспечение государственной политики в области энергосбережения.

При разработке Программы учитывались требования к программам энергосбережения и повышения энергетической эффективности со стороны региональных органов исполнительной власти в области тарифного регулирования.

В качестве основных целевых показателей Программы приняты следующие показатели [42]:

- сокращение расхода энергетических ресурсов на производственные и хозяйственные нужды на период до 2021 года с разбивкой по годам;
- снижение уровня потерь электроэнергии при ее передаче;
- выполнение программы перспективного развития систем учета электроэнергии на розничном рынке;
- проведение очередного обязательного энергетического обследования (период 2016-2017 гг.).

Самыми эффективными мероприятиями программы энергосбережения, препятствующими росту потерь электроэнергии являются:

- совершенствование организации работ;
- стимулирование снижения потерь;
- повышения квалификации персонала;
- контроль эффективности и деятельности персонала;
- оптимизация режимов электрических сетей и совершенствование их эксплуатации;

- строительство, реконструкция, техническое перевооружение и развитие электрических сетей, ввод в работу энергосберегающего оборудования;
- уточнение расчетов нормативов потерь, балансов электроэнергии по фидерам, центрам питания и электрической сети в целом;
- совершенствование расчетного и технического учета, метрологического обеспечения измерений электроэнергии;
- выявление, предотвращение и снижение хищений электроэнергии;
- совершенствование нормативно-правовых актов для снижения потерь электроэнергии.

Наибольшим потенциалом для сокращения потерь обладают сети распределительного сетевого комплекса. В сети классов напряжения 0,4-20 кВ уровень потерь в среднем составляет 15%, что выше технической составляющей. Подавляющее большинство потребителей электроэнергии и присоединено к сетям 0,4-20 кВ. К приоритетным мероприятиям по снижению технических потерь электрической энергии в распределительных электросетях с напряжением от 0,4 до 35 кВ относятся [10]:

- использование 10 кВ в качестве основного напряжения распределительной сети;
- увеличение доли сетей с напряжением 35 кВ;
- сокращение радиуса действия и строительство ВЛ (0,4 кВ) в трехфазном исполнении по всей длине;
- применение самонесущих изолированных и защищенных проводов для ВЛ напряжением 0,4-10 кВ;
- использование максимального допустимого сечения провода в электрических сетях напряжением 0,4-10 кВ с целью адаптации их пропускной способности к росту нагрузок в течение всего срока службы;
- разработка и внедрение нового, более экономичного, электрооборудования, в частности, распределительных трансформаторов с уменьшенными активными и реактивными потерями холостого хода, встроенных в КТП и ЗТП конденсаторных батарей;

– применение столбовых трансформаторов малой мощности (6-10/0,4 кВ) для сокращения протяженности сетей напряжением 0,4 кВ и потерь электроэнергии в них;

– более широкое использование устройств автоматического регулирования напряжения под нагрузкой, вольтодобавочных трансформаторов, средств местного регулирования напряжения для повышения качества электроэнергии и снижения ее потерь;

– комплексная автоматизация и телемеханизация электрических сетей, применение коммутационных аппаратов нового поколения, средств дистанционного определения мест повреждения в электрических сетях для сокращения длительности неоптимальных ремонтных и послеаварийных режимов, поиска и ликвидации аварий;

– повышение достоверности измерений в электрических сетях на основе использования новых информационных технологий, автоматизации обработки телеметрической информации.

Потери электрической энергии в сетях можно и более того нужно снижать. Это выгодно как энергоснабжающим организациям, так и потребителям. Для того чтобы обеспечить устойчивое снижение потерь или их поддержание на технико-экономическом обоснованном уровне, необходимо разрабатывать комплексный подход к проблеме, начиная с совершенствования организации работы и заканчивая метрологическим обеспечением учета электрической энергии, техническим перевооружением и модернизацией сетей компании [33].

Необходимо обеспечить прозрачность расчета нормативов и структуры потерь как для компании, так и для контролирующих органов. Стратегическое направление снижения потерь в сетях должно включать в себя следующие направления:

– обеспечение соответствующей современным требованиям системы учета электрической энергии;

– создание и использование автоматизированных информационно-измерительных систем комплексного учета электроэнергии (АИИС КУЭ), в том числе АИИС КУЭ бытовых потребителей;

– исключение системы самосписания потребителями показаний приборов учета электрической энергии;

– создание нормативно-правовой базы для активного воздействия на потребителей, нарушающих правила использования электрической энергии.

Очевидно, на ближайшую и удаленную перспективу останутся актуальными модернизация сетей 0,4-20 кВ с установкой изолированного провода на линиях 0,4 кВ, а также установка реклоузеров с приборами учета и разукрупнение линий. Также одним из важных вопросов остается модернизация приборов учета – это мероприятие считается наиболее эффективным, при этом в случае реализации в рамках энергосервисных контрактов не требуется затрат на начальном этапе, а расчет с подрядчиком происходит от полученной экономии. Модернизация приборов учета позволяет снизить потери на 60-70% от общей величины сверхнормативных потерь: недобросовестные потребители попросту утрачивают возможность воровать электроэнергию. Заметно препятствует хищениям и переход к использованию в новых жилых микрорайонах распределительных линий более высокого класса напряжения. Предотвращая несанкционированное подключение электроприемников, используемых недобросовестными лицами для мелкого производства и для бытовых нужд, ПАО «МРСК Сибири» сокращает вероятность возникновения аварийных режимов и отключений в сети.

Проводимые мероприятия имеют комплексный характер: снижение потерь способствует повышению надежности и качества, предоставляемых потребителям услуг по передаче электроэнергии.

### **2.3 Анализ структуры потерь электроэнергии на примере ПАО «МРСК Сибири»**

Потери электрической энергии являются важнейшим показателем эффективности функционирования распределительных электрических сетей, режим работы которых является оптимальным при минимальных потерях [36]. Поэтому увеличение точности расчетов потерь электрической энергии, анализ технической и коммерческой составляющих которых в энергоснабжающих и энергосбытовых предприятиях выполняется ежемесячно, является важнейшим резервом обеспечения высоких экономических показателей работы предприятий электрических сетей, на которые приходится большая часть суммарных потерь электрической энергии.

Стоимость потерь является одной из составляющих тарифа на электрическую энергию. В силу монопольного характера энергоснабжения естественное установление тарифов на уровне баланса цен спроса и предложения с помощью рыночных механизмов невозможно, так как альтернативные возможности электроснабжения отсутствуют.

В этой ситуации регулирование тарифов возлагается на государственные регулирующие органы (федеральные и региональные энергетические комиссии). Энергоснабжающие организации должны обосновывать уровень потерь электрической энергии, который они считают целесообразным включить в тариф, а энергетические комиссии – анализировать эти обоснования и принимать или корректировать их. Возникает задача определения нормативов электроэнергии [43].

Нормирование потерь является организационным инструментом стимулирования сетевых организаций к проведению экономически обоснованных мероприятий по снижению потерь с целью снижения темпов роста тарифов на электрическую энергию. Сверхнормативные потери электрической энергии в электросетях являются прямыми финансовыми убытками электросетевых компаний.

В таблице 2.5 представлена динамика основных показателей предприятия ПАО «МРСК Сибири» за период с 2013-2017 год [42].

Таблица 2.5 – Динамика показателей сети филиалов и ДЗО предприятия ПАО «МРСК Сибири» за период с 2013 по 2017 год

Год	2013	2014	2015	2016	2017
Отпуск в сеть, млн кВт*ч	75879,21	74766,21	70846,37	70685,71	65506,97
Полезный отпуск, млн кВт*ч	69866,67	69097,42	65700,98	65037,13	60509,18
Потери, млн кВт*ч	6012,54	5668,79	5145,39	5648,58	4997,79
Доля потерь, %	7,92%	7,58%	7,26%	7,99%	7,63%

Динамика отпуска электроэнергии в сеть и отпуска электроэнергии конечным потребителям ПАО «МРСК Сибири» за 2013-2017гг., представлена ниже на рисунке 2.4 в виде гистограммы по данным таблицы 2.5.

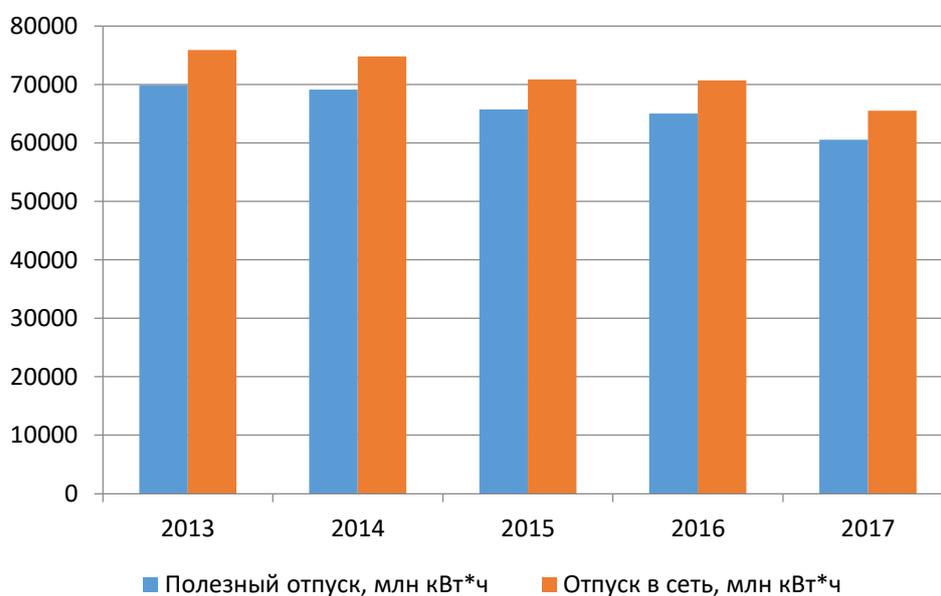


Рисунок 2.4 – Динамика отпуска электроэнергии в сеть и отпуска электроэнергии конечным потребителям ПАО «МРСК Сибири» за 2013-2017гг.

В период с 2013 по 2017 год наблюдается снижение отпуска электроэнергии в сеть и полезного отпуска электроэнергии.

На основании данных таблицы 2.5 представлен расчет отклонения потерь последующего года к предыдущему в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Расчет отклонения потерь на период с 2013 по 2017 год

Период	Отклонение потерь, млн кВт*ч	Отклонение потерь, %
2013 - 2014	- 343,75	- 0,34
2014 - 2015	- 523,4	- 0,32
2015 - 2016	+ 503,19	+ 0,73
2016 - 2017	- 650,79	- 0,36

В течение периода 2013-2015гг. прослеживается тенденция снижения потерь электрической энергии. Однако в 2016 году доля потерь увеличилась на 0,73% в сравнении с 2015 годом. В количественном отношении потери увеличились на 503,19 млн кВт\*ч. В 2017 году потери уменьшились на 0,36%, что в количественном отношении равняется 650,79 млн кВт\*ч. Динамика потерь электроэнергии представлена на рисунке 2.5 в виде гистограммы.

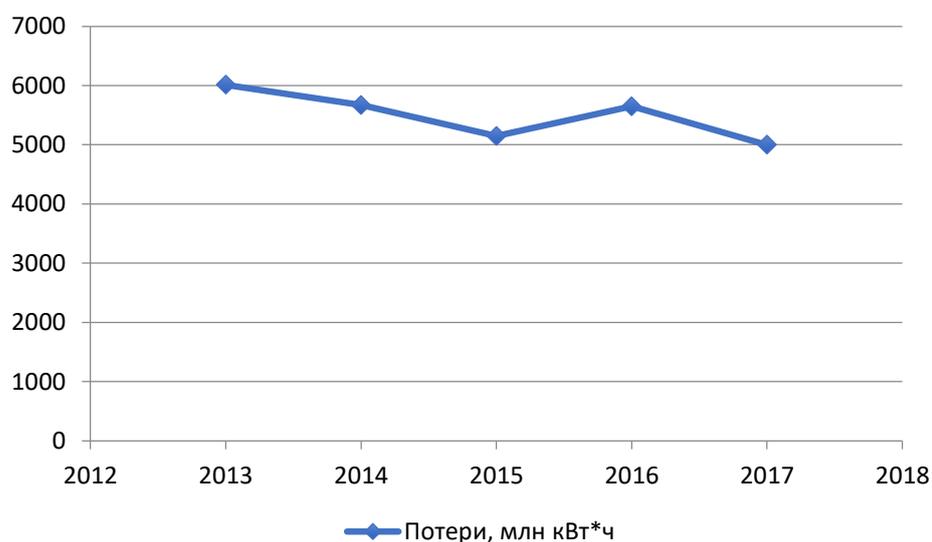


Рисунок 2.5 - Динамика потерь электроэнергии ПАО «МРСК Сибири» на период с 2013 по 2017 год

В таблице 2.7 представлена информация о потерях электроэнергии в сетях филиалов ПАО «МРСК Сибири», используемых для ценообразования за 2017 год.

Таблица 2.7 – Потери электроэнергии в сетях филиалов ПАО «МРСК Сибири», используемые для ценообразования за 2017 год млн кВт\*ч

Наименование филиала/ДЗО	Объем потерь электроэнергии				
	всего	По уровням напряжения			
		ВН	СН1	СН2	НН
«Алтайэнерго»	542,71	229,04	62,28	114,89	136,50
«Бурятэнерго»	299,57	94,61	53,25	80,77	70,95
«Горно-Алтайские электрические сети»	82,81	30,58	0,47	24,30	27,46
«Красноярскэнерго»	1 633,05	524,96	150,24	570,19	387,66
«Кузбассэнерго-РЭС»	692,17	375,91	110,98	113,37	91,91
«Омскэнерго»	645,71	241,49	50,30	247,61	106,32

Окончание таблицы 2.7

Наименование филиала/ДЗО	Объем потерь электроэнергии				
	всего	по уровням напряжения			
		ВН	СН1	СН2	НН
«Хакасэнерго»	229,99	33,05	22,37	85,09	89,48
«Читаэнерго»	614,96	178,16	38,93	194,96	202,90
Итого филиалы ПАО «МРСК Сибири»	4740,97	1707,8	488,82	1431,18	1113,18
АО «Тываэнерго»	256,80	25,20	9,92	71,87	149,81
Итого филиалы и ДЗО ПАО «МРСК Сибири»	4997,77	1733	498,74	1503,05	1262,99

На основе данных таблицы 2.7 можно сделать вывод, что наибольший объем потерь среди сети филиалов и ДЗО ПАО «МРСК Сибири» наблюдается у филиала «Красноярскэнерго» в количественном отношении равным

1633,05 млн кВт\*ч, что составляет 32,6% от общего объема потерь по ПАО «МРСК Сибири».

Минимальный объем потерь среди филиалов и ДЗО ПАО «МРСК Сибири» наблюдается у филиала «Горно-Алтайские электрические сети» – 82,81 млн кВт\*ч, что составляет 1,65% от общего объема потерь.

На основе таблицы 2.7 можно произвести расчет потерь электроэнергии в сетях филиалов и ДЗО ПАО «МРСК Сибири» в процентном соотношении, что представлено в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Потери электроэнергии в сетях филиалов ПАО «МРСК Сибири», используемые для ценообразования за 2017 год Процент, %

Наименование филиала	Объем потерь электроэнергии				
	всего	По уровням напряжения			
		ВН	СН1	СН2	НН
«Алтайэнерго»	100	42,2	11,5	21,2	25,1

Окончание таблицы 2.8

Наименование филиала	Объем потерь электроэнергии				
	всего	По уровням напряжения			
		ВН	СН1	СН2	НН
«Бурятэнерго»	100	31,6	17,8	27	23,7
«Горно - Алтайские электрические сети»	100	36,9	0,6	29,3	33,2
«Красноярскэнерго»	100	32,1	9,2	34,9	23,7
«Кузбассэнерго-РЭС»	100	54,3	16	16,4	13,3
«Омскэнерго»	100	37,4	7,8	38,3	16,5
«Хакасэнерго»	100	14,4	9,7	37	38,9
«Читаэнерго»	100	29	6,3	31,7	33
Итого филиалы ПАО «МРСК Сибири»	100	36	10,3	30,2	23,5
АО «Тываэнерго»	100	9,8	3,9	28	58,3

Итого филиалы и ДЗО ПАО «МРСК Сибири»	100	34,7	10	30,1	25,3
---------------------------------------	-----	------	----	------	------

По данным таблицы 2.7 и 2.8 можно сравнить объемы потерь электрической энергии по видам напряжения среди филиалов и ДЗО ПАО «МРСК Сибири».

Наибольший объем потерь наблюдается по высокому уровню напряжения (ВН), который равен 1733 млн кВт\*ч (34,7% от общего объема потерь), а наименьший уровень потерь - по первому среднему уровню напряжения (СН1), равный 498,74 млн кВт\*ч (10,0% от общего объема потерь).

Наибольшие потери по высокому напряжению (ВН) наблюдаются у филиала «Красноярскэнерго». Данный объем потерь составляет 1633,05 млн кВт\*ч, среди филиалов и ДЗО ПАО «МРСК Сибири». Минимальный объем потерь по уровню напряжения ВН наблюдается у филиала АО «Тываэнерго», который составил 25,20 млн кВт\*ч (9,8% от общего объема потерь по филиалу АО «Тываэнерго»).

Среди филиалов и ДЗО ПАО «МРСК Сибири» максимального значения объема потерь по первому среднему уровню напряжения (СН1) также достиг филиал «Красноярскэнерго». Объем потерь по данному уровню напряжения равен 150,24 млн. кВт\*ч, что составляет 9,2% от общего объема потерь по филиалу «Красноярскэнерго». Наименьший уровень объема потерь на данном уровне напряжения установлен на филиале «Горно-Алтайские электрические сети», равный 0,47 млн кВт\*ч, что составляет 0,6% от общего объема потерь по филиалу «Горно - Алтайские электрические сети».

По второму среднему напряжению (СН2) наибольший уровень объема потерь показал филиал «Красноярскэнерго», равный 570,19 млн кВт\*ч (34,9% от общего объема потерь по филиалу «Красноярскэнерго»). Филиал «Горно - Алтайские электрические сети» показал наименьший уровень объема

потерь по второму среднему напряжению, который равен 24,30 млн кВт\*ч (29,3% от общего объема потерь по филиалу «Горно-Алтайские электрические сети»).

Наибольшие потери по низкому напряжению (НН) у филиала «Красноярскэнерго». Данный объем потерь в количественном соотношении равен 387,66 млн. кВт\*ч, что составляет 23,7 % от общего объема потерь по филиалу «Красноярскэнерго». Минимальный объем потерь по уровню напряжения НН наблюдается у филиала «Горно-Алтайские электрические сети», который составил 27,46 млн кВт\*ч (33,2% от общего объема потерь по филиалу «Горно-Алтайские электрические сети»).

В таблице 2.9 представлены мероприятия по снижению потерь электроэнергии, проведенные ПАО «МРСК Сибири» в 2017 году, и объем экономии, достигнутый после их проведения.

Таблица 2.9 - Мероприятия по снижению потерь электроэнергии, проведенные ПАО «МРСК Сибири» в 2017 году, и объем экономии, достигнутый после их проведения.

Наименование мероприятия	Эффект в натуральном выражении, млн кВт*ч	Экономический эффект, млн руб.
Выявление безучетного потребления	147	282
Выявление бездоговорного потребления	6	12
Программа перспективного развития систем учета	58	111
Энергосервисная деятельность	148	284
Технические мероприятия (поддерживающие)	15	29
Технические мероприятия (снижающие)	12	23
Итого:	386	740

За счет реализации комплекса мероприятий по снижению потерь в 2017 году объем экономии составил 386 млн кВт\*ч (740 млн руб.), при этом за счет поддерживающих мероприятий объем экономии составил 21 млн кВт\*ч (40млн руб.), за счет снижающих мероприятий объем экономии составил 365 млн кВт\*ч (700 млн руб.).

### 3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При передаче и распределении электрической энергии по электрическим сетям неизбежно возникают ее потери. Потери электроэнергии разделяются на технологические и коммерческие. Первые обусловлены физическими процессами при передаче электроэнергии, а вторые возникают из-за хищений электрической энергии, несоответствия показаний счётчиков оплате за электроэнергию потребителями и из-за других причин.

Объем фактических потерь непосредственно влияет на финансовый результат деятельности сетевой организации, поэтому одной из первоочередных задач сетевых организаций является снижение потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям. Снижение потерь электрической энергии является сложным процессом, который предусматривает выполнение технических и организационных мероприятий.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были раскрыты теоретические аспекты формирования потерь электрической энергии, изучена нормативно-правовая база расчета технологических потерь, проведен анализ фактических потерь электрической энергии, возникающих в электрических сетях ПАО «МРСК Сибири», а также разработаны мероприятия по снижению потерь по конкретному фидеру и оценены с точки зрения их эффективности.

Внедрение комплекса мероприятий, направленного на снижение потерь электрической энергии в электрических сетях ПАО «МРСК Сибири», позволяет выполнить программу энергосбережения и повышения энергетической эффективности, обязательной к исполнению согласно требованиям Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года, а также улучшить результаты финансовой деятельности Общества.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Бабенко М.А. Организация производства и управление предприятием: учеб.-метод. Комплекс: в 2 ч. / М.А. Бабенко, С.П. Мигаль. – Новополоцк: ПГУ, 2016. – ч.1 – 336 с.
- 2 Белый Е.М. Экономика предприятия: учеб. пособие / Е.М. Белый, Ю.С. Алексеев, Л.Ю. Зими́на, А.А. Байгулова – М.: изд-во. «КноРус», 2017. – 155 с.
- 3 Борисова Л.М. Экономика энергетики: Учебное пособие / Л.М. Борисова, Е.А. Гершанович – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 208 с.
- 4 Бровина Т.М. Теория Экономического анализа: Учеб. Пособие/ Т.М. Бровина – Архангельск, 2015 – 105 с.
- 5 Броерская Н.А. Об учете и нормировании потерь электроэнергии в электрических сетях в условиях реструктуризации отрасли / Н.А. Броерская// Энергетик, 2014. – №9. – С.16-19
- 6 Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики. / Г.Ф. Быстрицкий– М.: КноРус, 2013. – 350 с.
- 7 Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика / Г.Ф. Быстрицкий. – Москва, 2016.
- 8 Волкова О.И. Экономика предприятия (Фирмы) / О.И. Волкова, О.В. Девяткина. изд. 5-е, перераб. И доп. – М.: ИНФА-М, 2014. – 601 с.
- 9 Воропай Н.И. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике / Н.И. Воропай, Г.Ф. Ковалев, Ю.Н.Кучеров. – Москва: Энергия, 2013
- 10 Воротницкий В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях: Анализ и опыт снижения. – М.: Энергопрогресс, 2013. – 103 с.
- 11 Воротницкий В.Э. Снижение коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях с применением измерительных систем / В.Э. Воротницкий, А.В. Севостьянов // Мир измерений. – 2013. – №8 – С.11-19.

12 Воротницкий В.Э. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятий / В.Э. Воротницкий, М.А. Калинин, Е.В. Комкова, В.И. Пятигор // Энергосбережение, 2013. – №2. – С. 90-94.

13 Воротницкий В.Э. Снижение потерь электроэнергии – важнейший путь энергосбережения в электрических сетях / В.Э. Воротницкий// Энергосбережение. – 2014. – №3 – С.61-64.

14 Герасимова В.Д. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности промышленного предприятия: Учебное пособие/ В.Д. Герасимова – М.: КНОРУС, 2013. – 205 с

15 Гиляровская Л.Т. Экономический анализ: учеб. для вузов/ Л.Т. Гиляровская. изд. 2-е – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 615 с.

16 Гительман Л.Д. Эффективная энергокомпания: Экономика. Менеджмент. Реформирование. / Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников. – Москва: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2013

17 Говорина О.В., Финансовый менеджмент: учеб. пособие/ О. В. Говорина – Красноярск: КГТУ, 2014. – 232 с.

18 Голованова Л.В. Организация оптового рынка электроэнергии: учеб. Пособие / Л.В. Голованова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 140 с.

19 Грибов В.Д. Экономика организации (предприятия): учебник / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов, В.А. Кузьменко. – 10-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2016. – 416 с.

20 Грищенко, О. В. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учеб. пособие / О. В. Грищенко – Таганрог: изд-во. ТРТУ, 2014. – 112 с.

21 Грузинов, В.П. Экономика предприятия: Учебник для вузов / Грузинов, В.П. М.: изд-во. «Альфа-Пресс», 2013 г. – 264 с.

22 Губин В. Е. Анализ финансово-хозяйственной деятельности: учеб. пособие / В.Е. Губин, О.В. Губина. – М.: Форум, 2015. – 336 с.

23 Дорофеев В.Д. Менеджмент организации: учебное пособие / В.Д.

Дорофеев, А.Н. Швелева, Н.Ю. Шестопад. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 328 с.

24 Ефимова О.В. Финансовый анализ: Учебник / О.В. Ефимова. – М.: Омега-Л, 2014. – 349 с.

25 Железо Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железо – М.: ЭНАС, 2013. – 319 с.

26 Железо Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железо, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. – М.: НЦ ЭНАС, 2013. – 277 с.

27 Ключкова Е. Н. Экономика предприятия: учебник для бакалавров / Е.Н. Ключкова, Т.Е. Платонова, В. И. Кузнецов. – М.: изд-во. «Юрайт», 2017. – 447 с

28 Ковалев В.В. Финансовый менеджмент: Теория и практика/ В. В. Ковалев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2015. – 1094 с

29 Колчина, Н.В. Финансовый менеджмент: Пособие / Колчина, Н.В. – М: Юнити, 2014 - 436 с.

30 Конюхова, Е.А. Электроснабжение: Учеб. пособие. – 9-е изд., испр. – М.: Академия, 2013. – 320 с.

31 Коршунова Л.А. Менеджмент в энергетике: учебное пособие / Л.А. Коршунова – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 188 с.

32 Курбацкий, В. Г. Анализ потерь энергии в электрических сетях на базе современных алгоритмов искусственного интеллекта / В. Г. Курбацкий// Электричество, 2015. – № 4. – С. 12–13.

33 Любимова Н.Г. Экономика и управление в энергетике: учебник для магистров / Н. Г. Любимова, Е. С. Петровский. – М.: Изд. Юрайт, 2016. – 485 с.

34 Мазурин Т.Ю. Финансы организации (предприятия): Учебник / Т.Ю. Мазурин. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 462 с.

35 Мастепанов А.М. Энергетика России. Стратегия развития / А.М. Мастепанов. – М.: Книга по Требованию, 2015. – 798 с.

36 Мажаева С.В. Экономика энергетического производства / С.В.

Мажаева. – М.: Лань, 2013 – 272 с.

37 Мельник, М. В. Теория экономического анализа: учебник для бакалавриата и магистратуры / М. В. Мельник, В. Л. Поздеев. – М.: Изд. «Юрайт», 2014. – 261 с.

38 Михайлов С.А. Стратегическое управление энергосбережением в промышленности / С.А. Михайлов. – Москва: Финансы и статистика, 2013

39 Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России). [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://www.minenergo.gov.ru/>

40 Михайленко И. Достоверность учета – путь к энергосбережению/ И. Михайленко // Промышленные страницы Сибири. – 2014 - №27. – С. 21-24.

41 Мохов С.Л. Коммерческие потери электроэнергии и их снижение/ С.Л. Мохов – М., 2014 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energoser18.ru/>

42 Официальный сайт ПАО «МРСК Сибири» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mrksibiri.ru/>

43 Панова, А. В. Экономика энергетики: учеб. пособие / А. В. Панова; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд. «ВлГУ», 2013. – 87 с.

44 Поликарпова Т.И. Экономика и организация электроэнергетического производства: учебное пособие / Т.И. Поликарпова, В.А, Финоченко. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 88 с.

45 Постановление Правительства РФ №24 «Стандарты раскрытия информации субъектами оптового и розничных рынков электрической энергии» от 21 января 2004 года (ред. от 07.06.2017г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-21012004-n-24/>

46 Постановление Правительства РФ №318 «Об утверждении правил осуществления государственного контроля (надзора) за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении

энергетической эффективности, и о внесении изменений в некоторые акты правительства Российской Федерации» от 25 апреля 2011 года (ред. от 04.09.2015г) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-25042011-n-318/>

47 Постановление правительства РФ №442 «Об функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» от 4 мая 2012 года (ред. от 30.12.2017г) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-04052012-n-442/>

48 Постановление Правительства Российской Федерации №506 «Об утверждении методики определения нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям» от 7 августа 2014 года (ред. от 31.08.2016г) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minenergo-rossii-ot-07082014-n-506/>

49 Постановлении Правительства РФ №861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям» от 27 декабря 2004 года (ред. от 18.04.2018г) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-27122004-n-861/>

50 Постановление правительства РФ №1172 «Правила оптового рынка электрической энергии и мощности» от 27 декабря 2010 года (ред. от 30.04.2018г) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-27122010-n-1172/>

51 Постановление Правительства РФ №1178 «Об ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» от 29 декабря 2011 года (ред. от 30.04.2018г) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_125116/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125116/)

52 Приказ Минэнерго РФ №326 «Об организации в министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» от 30 декабря 2008 года (ред. от 01.02.2010г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minenergo-tf-ot-30122008-n-326/>

53 Приказ Минэнерго РФ №674 «Об утверждении нормативных потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям территориальных сетевых организаций» от 30 сентября 2014 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minenergo-rossii-ot-30092014-n-674/>

54 Приказ Федеральной службы по тарифам РФ №98-э «Об утверждении методических указаний по расчету тарифов на услуги по передаче электрической энергии, устанавливаемых с применением метода долгосрочной индексации необходимой валовой выручки» от 17 февраля 2012 года (ред. от 24.08.2017г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-fst-rf-ot-17022012-n-98-e/>

55 Приказ Федеральной службы по тарифам РФ №228-э «Об утверждении методических указаний по регулированию тарифов с применением метода доходности инвестированного капитала» от 30 марта 2012 года (ред. от 24.08.2017г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-fst-rossii-ot-30032012-n-228-e/>

56 Приказ Федеральной службы по тарифам №1442-э «Об утверждении методических указаний по расчету тарифов на электрическую энергию (мощность) для населения и приравненных к нему категорий потребителей, тарифов на услуги по передаче электрической энергии поставляемой населению и приравненным к нему категориям потребителей» от 16 Сентября 2014 года

(ред. от 29.03.2018г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_170355/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_170355/)

57 Распоряжение Правительства РФ №511-р «Об утверждении Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации» от 03 апреля 2013 года (ред. от 29.11.2017г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-03042013-n-511-r/>

58 Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия/ Г. В. Савицкая. – Минск: ИП «Экоперспектива», 2014. – 617с

59 Самсонов В.С. Экономика предприятий энергетического комплекса/ В.С. Самсонов, М.А. Вяткин. 2-е изд. – М.: Высшая школа, 2013. – 416 с.

60 СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. Текстовые материалы и иллюстрации. – Красноярск: ИПК СФУ, 2014. – 587 с.

61 Тютюкин Е.Б. Финансы организации (предприятий): Учебник / Е.Б. Тютюкин. – М.: Дашков и К, 2016. – 544с.

62 Указ Президента РФ №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» от 04.06.2008 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_112413/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112413/)

63 Ушаков В.Я. Современные проблемы электроэнергетики / В.Я. Ушаков. – Томск, 2014

64 Федеральный закон №35-ФЗ «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 года (ред. от 29.12.2017г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/Cons\\_doc\\_LAW\\_41502/c41fee5cee7fc76e38d926c04e653acdafc01084/](http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_41502/c41fee5cee7fc76e38d926c04e653acdafc01084/)

65 Федеральный закон №147-ФЗ «О естественных монополиях» от 17 августа 1995 года (в ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-17081995-n-147-fz-o/>

66 Федеральный закон №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года (ред. 23.04.2018г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://gov.cap.ru/Content/orgs/GovId\\_68/federaljnij\\_zakon\\_ot\\_23\\_11\\_2009\\_n\\_261-fz\\_\(red\\_ot\\_29\\_07\\_2017.pdf](http://gov.cap.ru/Content/orgs/GovId_68/federaljnij_zakon_ot_23_11_2009_n_261-fz_(red_ot_29_07_2017.pdf)

67 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: официальная статистика о социальной, экономическом, демографическом и экологическом положении Российской Федерации. // Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/tariffs/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/tariffs/)

68 Характеристика ПАО «МРСК Сибири» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mrksibiri.ru/>

69 Царько А.Ю. Сущность и основные аспекты функционирования сетевых компаний: научные исследования и разработки молодых ученых / А.Ю. Царьков. – Новосибирск, 2015 – 2016 гг.

70 Чечевицына Л.Н. Анализ финансово-хозяйственной деятельности: учебник / Л.Н. Чечевицына, К.В. Чечевицын. – 6-е изд., перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 368 с.

71 Чубайс А.Б. Экономика и управление в современной электроэнергетике России: пособие для менеджеров электроэнергетической компании / А.Б. Чубайс, С.К. Дубинин С.К. – М.: НП «КОНЦ ЕЭС», 2013. – 616 с.

72 Электроэнергетика Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.gks.ru](http://www.gks.ru).

73 Ярушин А.В. Экономика предприятия: учеб.-метод. Пособие / А.В. Ярушин. – М.: АО «АРГО», 2013. – 70 с.

