

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях России – стратегический путь повышения их энергетической эффективности

Валерий Воротницкий

д.т.н., профессор, ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», г. Москва

Георгий Кутовой

Заслуженный энергетик РФ и СНГ,

д.э.н., профессор, Торгово-промышленная палата РФ, г. Москва

Валерий Овсейчук

Заслуженный энергетик СНГ,

д.э.н., профессор, ООО ПФК «СКАФ», г. Москва

Цель доклада – анализ динамики потерь электроэнергии в электрических сетях России, их сравнение с показателями за рубежом, оценка потенциала и определение основных путей снижения потерь и совершенствования их нормирования.

1. Динамика и структура потерь электроэнергии в электрических сетях России. Общая характеристика.

Динамика потерь электроэнергии в электрических сетях России за десятилетний период 1994 – 2013 гг. приведена в табл.1, которая сформирована по данным Федеральной службы Государственной статистики (Росстата), ОАО «Фирма ОРГРЭС», другим источникам, а также на основе экспертных оценок. В этой таблице приведены относительные потери электроэнергии от отпуска электроэнергии в сеть и от производства электроэнергии. Во многих зарубежных странах вместо «отпуска электроэнергии в сеть» для расчёта относительных потерь в сетях используется объём произведенной или потреблённой в стране электроэнергии. Следует заметить, что в отечественных нормативных документах до сих пор отсутствуют утверждённые методики расчёта фактических потерь электроэнергии в магистральных и распределительных электрических сетях для электросетевых организаций и по стране в целом.

Практически приостановлена работа по ежегодному анализу структуры и динамики потерь электроэнергии в электрических сетях, которую много лет проводило ОАО «Фирма ОРГРЭС». Прекратило деятельность Агентство по прогнозированию балансов электроэнергии (АПБЭ), которое владело самым большим объёмом данных по стране и её регионам по структуре и динамике этих балансов. В результате, в различных докладах, официальных справках и прогнозных расчётах часто встречаются не совпадающие данные

по структурным составляющим балансов электроэнергии, в том числе по абсолютным и относительным потерям электроэнергии в электрических сетях и их структуре. Это приводит к ошибкам в прогнозах балансов электроэнергии на среднесрочную и долгосрочную перспективу, в стратегии энергосбережения и повышения энергетической эффективности, к систематическому занижению базовых значений потерь электроэнергии в электрических сетях России. Это занижение, в частности, объясняется тем, что значительную часть потерь в электрических сетях территориальных сетевых организаций (ТСО) **Росстат относит к полезно потреблённой электроэнергии**. Как известно таких ТСО в стране в настоящее время насчитывается более 3000. Нами сделана попытка **укрупненно оценить суммарные потери электроэнергии в электрических сетях России на примере 2010 г.**, по которому мы располагали наиболее полными данными. Результаты оценки приведены в табл. 2, из которой видно, что данные Росстата по потерям электроэнергии занижены как минимум на 10 млрд.кВт.ч в год, т.е почти на 10%.

Если учесть потери электроэнергии в электрических сетях промышленных предприятий, ОАО «РЖД» и других, оказывающих услуги по передаче электроэнергии своим субъектам, то суммарные потери могут вырасти ещё на 5÷10 млрд.кВт.ч. При этом относительные потери в электрических сетях **России вырастут до 12-14% от произведенной электроэнергии, а от отпуска в сеть – до 13-15% вместо 10%**, фигурирующих в данных Международного энергетического агентства [1].

Отмеченное следует учитывать при сравнении отечественного и зарубежного опыта снижения потерь электроэнергии в сетях, при разработке и программ снижения потерь на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Это необходимо учитывать также при реализации Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации [2], в соответствии с которой в 2017-2030 г.г «планируется консолидация ТСО под воздействием экономических стимулов», а также сокращение количества ТСО к 2030 году до 800. Если не принять соответствующих мер по снижению потерь в присоединяемых ТСО, суммарные фактические потери в консолидированных электросетевых компаниях могут существенно возрасти, а не снизиться как планируется, т.к. относительные потери в сетях ТСО, как правило, выше, чем в РСК.

Динамика потерь электроэнергии в электрических сетях Российской Федерации за 1994-2013 г.г.

| Показатели баланса электроэнергии | Единицы измерения | Численные значения показателей по годам | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | |
| Производство электроэнергии | млрд. кВт.ч | 875,9 | 860 | 847,2 | 833,9 | 826,1 | 845,5 | 876 | 891,3 | 891,3 | 916,3 | |
| Отпуск электроэнергии в сеть | млрд. кВт.ч | 794,7 | 781,8 | 766,8 | 753,6 | 750,3 | 772,9 | 803,5 | 816,9 | 819,9 | 812,7 | |
| Потери электроэнергии абсолютные | млрд. кВт.ч | 79 | 83,5 | 84,2 | 84,4 | 93,3 | 96,8 | 101,6 | 105,51 | 107,5 | 110,5 | |
| Потери электроэнергии относительные | от отпуска в сеть | % | 9,94 | 10,68 | 10,98 | 11,2 | 12,44 | 12,52 | 12,64 | 12,91 | 13,11 | 13,11 |
| | от производства | % | 9,02 | 9,71 | 9,94 | 10,12 | 11,28 | 11,44 | 11,59 | 11,84 | 12,06 | 12,06 |

Продолжение таблицы 1.

| Показатели баланса электроэнергии | Единицы измерения | Численные значения показателей по годам | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---|-------|-------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | |
| Производство электроэнергии | млрд. кВт.ч | 931,9 | 953,1 | 995,8 | 1015,33 | 1018,0 | 1040 | 1037 | 1053 | 1064 | 1045 | |
| Отпуск электроэнергии в сеть | млрд. кВт.ч | 864,9 | 875,7 | 911,5 | 937,46 | 955,35 | 965 | 963 | 980 | 990 | 975 | |
| Потери электроэнергии абсолютные | млрд. кВт.ч | 112,6 | 112,6 | 107,6 | 104,86 | 109,24 | 113,9 | 113,76 | 113,01 | 113,48 | 114,8 | |
| Потери электроэнергии относительные | от отпуска в сеть | % | 13,02 | 12,86 | 11,8 | 11,18 | 11,43 | 11,79 | 11,81 | 11,53 | 11,46 | 11,77 |
| | от производства | % | 12,08 | 11,81 | 10,81 | 10,33 | 10,50 | 10,95 | 10,96 | 10,73 | 10,66 | 10,98 |

Примечание: Данные по динамике в таблице 1 собраны из различных источников. За период 2009-2013 г.г. отчётные данные по отпуску электроэнергии в сеть отсутствуют поэтому они определены экспертно.

Таблица 2.

Экспертная оценка структуры фактических потерь электроэнергии в электрических сетях
России за 2010 год

| № п/п | Структурные подразделения электросетевого комплекса | Потери в сетях | |
|----------|---|-----------------|--------------|
| | | млн.кВт.ч в год | % от всего |
| 1 | ОАО «ФСК ЕЭС» | 22525 | 18,3 |
| 2 | ОАО «Холдинг МРСК» | 55987 | 45,5 |
| 3 | ОАО «Иркутские электрические сети» | 3836 | 3,1 |
| 4 | ОАО «Регион. эл. сети Новосибирской обл.» | 1943 | 1,6 |
| 5 | ОАО «Башкирэнерго» | 1973 | 1,6 |
| 6 | ОАО «Сетевая компания Татэнерго» | 1690 | 1,4 |
| 7 | ОАО «Дальневосточная распределительная сетевая компания» | 2039 | 1,7 |
| 8 | Итого ФСК+РСК | 89993 | 73,05 |
| 9 | Якутскэнерго | 769 | 0,6 |
| 10 | Камчатскэнерго | 194 | 0,2 |
| 11 | Магаданэнерго | 91 | 0,07 |
| 12 | Сахалинэнерго | 357 | 0,28 |
| 13 | Итого отдельно работающие РСК | 1411 | 1,14 |
| 14 | Сумма 8-13 | 91404 | 74,20 |
| 15 | Муниципальные эл. сети (экс. оценка) | 25000 | 20,29 |
| 16 | ОАО «РЖД» | 3500 | 2,84 |
| 17 | ОАО «Газпром» | 495 | 0,40 |
| 18 | ОАО «Транснефть» | 2282 | 1,85 |
| 19 | Прочие | 500 | 0,4 |
| 20 | Всего | 123181 | 100 |

Уточнение суммарного объема потерь электроэнергии в электросетевом комплексе России, т.е. во всех организациях, оказывающих услуги по передаче электроэнергии, имеет высокое государственное значение для принятия полномасштабных мер по снижению этих потерь. Несмотря на то, что данные по потерям электроэнергии,

представленные в табл. 1 и 2 требуют уточнения, они со всей очевидностью **подтверждают необходимость:**

- разработки, утверждения в Минэнерго России и внедрения стандартов по расчёту фактических потерь электроэнергии и их структуры для электросетевых организаций: ОАО «ФСК ЕЭС», МРСК, РСК и ТСО, а также для электросетевого комплекса России в целом;
- восстановления системы и порядка статистической отчётности (в составе государственной информационной системы Минэнерго России) по балансам и потерям электроэнергии в электрических сетях, мероприятиям по их снижению;
- разработки и внедрения системы мониторинга и контроля потерь электроэнергии в электрических сетях России, наделения для этого соответствующими полномочиями одного из профильных департаментов Минэнерго России или Ростехнадзора с их обеспечением необходимой численностью персонала, средствами связи и вычислительной техникой.

Первые шаги в этом направлении уже сделаны в виде публикации в Интернете отчётных данных сетевых организаций и формы статистической отчётности Росстата №23-Н [3] «Сведения о производстве, передаче, распределении и потреблении электрической энергии. Однако, как показывает практика, этих шагов явно недостаточно. Необходимы достоверное заполнение этой формы, её систематический контроль и анализ по всем электросетевым организациям России.

2. Динамика потерь электроэнергии в электрических сетях ОАО «Россети» [4]

Динамика фактических потерь электроэнергии в ЕНЭС и сетях МРСК в 2007–2013гг. представлена в табл. 3, динамика фактических потерь электроэнергии в отдельных МРСК/РСК ОАО «Россети» в 2010 – 2013 г.г. – в табл. 4.. Из этих таблиц следует, что относительные потери электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,38–110 кВ в среднем почти в 2 раза выше, чем в магистральных ЕНЭС 220 кВ и выше. Абсолютные потери электроэнергии в распределительных сетях составляют около 70 % от суммарных потерь в сетях ОАО «Россети».

При росте отпуска из ЕНЭС за 2007 – 2013 г.г. на 12% относительные потери уменьшились на 7,71%. В электрических сетях МРСК за период с 2007 по 2013 г.г. при снижении отпуска электроэнергии на 6,05 % относительные потери снизились на 8,9 %.

Таким образом, благодаря активизации усилий персонала ОАО «Россети», наметилась тенденция снижения относительных значений потерь электроэнергии и в магистральных и в распределительных сетях. Вместе с тем, как видно из табл. 4, диапазон относительных потерь электроэнергии для отдельных МРСК и крупных РСК достаточно широк и находится в пределах от 2,6% до 19,3% от отпуска электроэнергии в сеть. Этот диапазон будет еще шире, если рассмотреть величину фактических потерь электроэнергии в электрических сетях отдельных районов и предприятий, в отдельных распределительных линиях 0,38 – 10 кВ. Здесь относительные значения потерь могут доходить до 50%. **При этом до 80% суммарных фактических потерь в таких сетях, как правило, приходится на нетехнические (коммерческие) потери.**

Из табл. 4 следует, что пока остаются сравнительно высокими относительные потери электроэнергии в электрических сетях МРСК Центра, МРСК Юга, МОЭСК, Ленэнерго и самыми высокими – в Янтарьэнерго, МРСК Северного Кавказа и Кубаньэнерго. Традиционно высокими (от 18 до 40%) являются относительные потери в РСК со значительной долей мелкомоторных и коммунально бытовых нагрузок (Тывазэнерго, Калмэнерго – 18,92%, Астраханьэнерго – 18,56%, Читаэнерго – 18,1% и др.). В то же время в ряде РСК, где высока доля промышленного электропотребления, относительные потери находятся на уровне 4-5%. Это не означает, однако, что РСК, в которых относительные потери составляют 18-40%, их работа в 4-6 раз хуже по эффективности снижения потерь, чем в тех, где эти потери находятся на уровне средних мировых достижений 6-8%. **Для объективной оценки эффективности и выявления действительного потенциала снижения потерь в каждой электросетевой организации необходимо учесть целый ряд влияющих на потери факторов, в первую очередь, особенности структуры балансов электроэнергии, техническое состояние сети и системы учёта и т.п. Для оценки резервов снижения потерь и разработки целенаправленных мероприятий по их снижению необходимо достоверное определение структуры потерь электроэнергии. При этом, очевидно, не любое снижение потерь электроэнергии является целесообразным. Для каждой электрической сети с учётом её технологических и стоимостных особенностей существует свой технический и технико-экономически обоснованный уровень потерь.**

Таблица 3

Динамика фактических потерь электроэнергии в ЕНЭС и сетях МРСК в 2007-2013 г.г.

| Структурные составляющие баланса электроэнергии | Единицы измерения | Численные значения по годам | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|--------|
| | | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Отпуск электроэнергии из ЕНЭС | млн. кВт.ч | 464045 | 472267,8 | 452372,18 | 470146,1 | 485014,4 | 517130,0 | 519983 |
| Потери электроэнергии в ЕНЭС | млн. кВт.ч | 21401 | 21866 | 22121 | 22526 | 22553 | 21926 | 22261 |
| | % от отпуска из сети | 4,61 | 4,63 | 4,89 | 4,79 | 4,65 | 4,24 | 4,28 |
| Отпуск электроэнергии в сети МРСК | млн. кВт.ч | 678989 | 695001 | 653145 | 647248 | 644071 | 649776 | 637885 |
| Потери электроэнергии в сетях МРСК | млн. кВт.ч | 59175 | 57717 | 56696 | 55987 | 54102 | 52696, 87 | 50821 |
| | % от отпуска в сети | 8,71 | 8,3 | 8,68 | 8,65 | 8,4 | 8,11 | 8,0 |

Динамика фактических потерь электроэнергии в МРСК/РСК ОАО «Россети» в 2010 – 2013 г.г.

| МРСК/РСК | Потери электрической энергии по годам | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------------|-------------|----------------|------------|
| | 2010 | | 2011 | | 2012 | | 2013 | |
| | млн.кВт.ч | % | млн.кВт.ч | % | млн.кВт.ч | % | млн.кВт.ч | % |
| МРСК Центра | 6229,6 | 10,01 | 6447,2 | 9,93 | 6097,9 | 9,53 | 5832,1 | 9,2 |
| МРСК Центра и Приволжья | 5391,5 | 9,06 | 5353,7 | 8,97 | 5143,83 | 8,62 | 4967,0 | 8,4 |
| МРСК Волги | 4176,0 | 6,90 | 4207,5 | 6,80 | 3903,64 | 6,36 | 3782,4 | 6,4 |
| МРСК Северо-Запада | 2983,0 | 6,82 | 2747,1 | 6,39 | 2771,65 | 6,41 | 2568,8 | 6,3 |
| МРСК Сибири | 7517,9 | 9,24 | 6875,9 | 8,71 | 6563,25 | 8,15 | 5744,1 | 7,6 |
| ТРК | 573,3 | 8,46 | 576,1 | 8,66 | 590,12 | 8,90 | 560,5 | 9,1 |
| МРСК Урала | 6333,2 | 8,08 | 6179,4 | 7,95 | 5984,4 | 7,87 | 5686,3 | 7,6 |
| МРСК Юга | 2818,2 | 9,31 | 2842,2 | 9,47 | 2914,20 | 9,66 | 2766,7 | 9,4 |
| МРСК Северного Кавказа | 2100,9 | 17,47 | 1589,6 | 14,36 | 1570,25 | 14,11 | 1654,5 | 14,6 |
| Чеченэнерго | - | - | - | - | 195,4 | 30,6 | 372,1 | 53,6 |
| Кубаньэнерго | 2431,0 | 12,88 | 2783,7 | 13,93 | 2674,78 | 12,88 | 2792,9 | 13,4 |
| МОЭСК | 9314,5 | 11,15 | 8695,6 | 10,33 | 8369,55 | 9,63 | 8082,0 | 9,2 |
| Ленэнерго | 3586,6 | 10,71 | 3546,4 | 10,60 | 3578,41 | 10,37 | 3431,5 | 10,1 |
| Тюменьэнерго | 1841,1 | 2,53 | 1789,7 | 2,53 | 1808,81 | 2,55 | 1837,9 | 2,6 |
| Янтарьэнерго | 689,9 | 17,88 | 667,9 | 17,29 | 726,06 | 17,42 | 796,2 | 19,3 |
| Всего | 55986,7 | 8,65 | 54102,0 | 8,4 | 52696,87 | 8,11 | 50821,0 | 8,0 |

3. Динамика и структура потерь электроэнергии в электрических сетях зарубежных электросетевых компаний.

Представляет интерес рассмотреть относительные значения потерь электроэнергии в электрических сетях различных зарубежных стран. Анализ этих потерь по различным публикациям и обзорам, в частности, [1] показывает, что также как и в России, диапазон относительных потерь достаточно широк и находится в пределах от 3 до 65% для электрических сетей различных напряжений и различных стран. При этом просматривается четкая связь между уровнем потерь электроэнергии в электрических сетях данной страны и ее экономическим развитием (ВВП на душу населения), что видно в частности из табл. 5. В промышленно развитых странах с современной системой управления электрическими сетями, автоматизированной информационно-измерительной системой учета электроэнергии, высокой организацией энергосбытовой деятельности, энергосбережения и повышения энергетической эффективности в электросетевом комплексе, относительные значения потерь электроэнергии **в среднем в 2,5 – 3 раза ниже, чем в России, и в 6 – 10 раз ниже, чем в экономически отсталых регионах Африки и Азии.** Следует заметить, что некоторые распределительные сетевые компании и ТСО России по уровню относительных потерь электроэнергии уже «догнали» такие страны как Гана, Замбия, Намибия, Йемен и т.п. (см. табл.5).

Различия в уровне относительных потерь в различных странах обусловлены не только их экономическим развитием, но и множеством тех же факторов, которые влияют на потери и в электрических сетях России. Поэтому неправомерно ставить задачу снизить потери электроэнергии, например, в Астраханьэнерго до уровня потерь в Финляндии. В каждом конкретном случае должна решаться достаточно сложная задача определения технико-экономически обоснованного потенциала снижения потерь в сетях на передачу и соответствующих мероприятий. Следует заметить, что практически ни в одной из промышленно развитых стран задача снижения потерь электроэнергии не рассматривается как самостоятельная. Она решается как часть общей задачи повышения эффективности электроснабжения потребителей **одновременно с задачами повышения пропускной способности, надежности электроснабжения и повышения качества передаваемой электроэнергии.** При этом, общая направленность работ по повышению энергетической эффективности передачи и распределения электрической энергии, в том числе и по снижению потерь электроэнергии в сетях, сводится к следующим мероприятиям:

Таблица 5

Относительные потери электроэнергии в электрических сетях и внутренний валовой продукт (ВВП) по паритету покупательной способности (ППС) на душу населения за 2011 год [1]

| № п/п | Страна | Относительные потери | ВВП (ППС) тыс.доля/душу населения |
|-------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1 | Финляндия | 3 | 40,18 |
| 2 | Германия | 4 | 41,73 |
| 3 | Япония | 5 | 34,29 |
| 4 | Франция | 5 | 38,57 |
| 5 | США | 6 | 49,75 |
| 6 | Китай | 6 | 10,00 |
| 7 | Австрия | 6 | 42,81 |
| 8 | Италия | 7 | 34,63 |
| 9 | Швейцария | 7 | 51,58 |
| 10 | Португалия | 8 | 25,67 |
| 11 | Великобритания | 8 | 34,79 |
| 12 | Испания | 9 | 31,74 |
| 13 | Латвия | 10 | 19,83 |
| 14 | Россия | 10 | 22,56 |
| 15 | Судан | 22 | 4,49 |
| 16 | Замбия | 24 | 3,56 |
| 17 | Албания | 25 | 9,90 |
| 18 | Черногория | 25 | 14,13 |
| 19 | Йемен | 27 | 3,67 |
| 20 | Намибия | 28 | 9,19 |
| 21 | Камбоджа | 28 | 2,65 |
| 22 | Доминик. Республика | 30 | 11,37 |
| 23 | Непал | 34 | 2,04 |
| 24 | Ирак | 35 | 12,88 |
| 25 | Гаити | 55 | 1,58 |

Примечание 1) Относительные потери электроэнергии приняты по данным Международного энергетического Агентства.

2) ВВП (ППС) приняты по данным Международного валютного фонда за 2011 год.

- снижению плотности тока в электрических сетях за счёт унификации сечений и применения новых материалов и конструкций проводов и кабелей;
- сокращению количества трансформаций электроэнергии, применению трансформаторов с повышенным коэффициентом трансформации и с уменьшенными потерями холостого хода и короткого замыкания;
- повышению уровня компенсации реактивной мощности в электрических сетях и у потребителей, комплексной автоматизации оптимального управления потоками реактивной мощности и уровнями напряжения в электрических сетях;
- применению распределённой генерации на основе возобновляемых источников активной энергии;
- широкому внедрению интеллектуальных активно-адаптивных систем управления электрическими сетями и объединёнными энергосистемами;
- автоматизации и повышение достоверности проектирования развития электрических сетей с использованием современных средств и технологий и т.д.;
- повышению достоверности и полноты учёта электроэнергии во всех точках её измерения и поставки, применению автоматизированных интеллектуальных систем учёта и контроля электроэнергии.

Практика большинства промышленно развитых стран показывает, что проблема поддержания потерь электроэнергии в электрических сетях на **технико-экономически обоснованном** уровне требует постоянного внимания, в первую очередь, **высшего руководства электросетевых компаний, четкости их взаимодействия с энергосбытовыми компаниями и потребителями**, органами регионального управления, территориальными органами тарифного регулирования. Кратковременное ослабление работы по энергосбережению и повышению энергоэффективности в электрических сетях неизбежно сказывается на росте потерь электроэнергии, даже в тех случаях, когда, казалось бы, уже достигнуты сравнительно высокие показатели в снижении потерь.

4. Потенциал снижения потерь электроэнергии в электрических сетях России.

По мнению международных экспертов, относительные потери электроэнергии в электрических сетях большинства стран можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4-5 %. Потери электроэнергии (П) на уровне 10% можно считать максимально допустимыми с точки зрения физики передачи электроэнергии по сетям [5]. В частности [6]:

– при $\Pi \leq 10\%$ (от отпуска электроэнергии в сеть) – организация работы сетевых компаний по поддержанию уровня потерь признается удовлетворительной, а для поддержания данного уровня потерь или их снижения необходимы крупные инвестиции;

– при $10\% < \Pi \leq 15\%$ - коммерческие потери признаются значительными.

Необходимо совершенствование существующей структуры управления этими потерями;

– при $15\% < \Pi \leq 20\%$ - коммерческие потери признаются высокими. Для их снижения необходимо осуществлять частичную реорганизацию компании в части управления спросом и потреблением электроэнергии.

- при $20\% < \Pi \leq 30\%$ - коммерческие потери признаются недопустимо высокими. Требуется существенная реорганизация работы по снижению потерь с разработкой и внедрением соответствующего стратегического проекта при поддержке властей;

– при $30\% < \Pi$ – имеет место чрезвычайная ситуация.. Требуется полная реорганизация работы по снижению потерь при поддержке местных властей.

Анализ расчётных технологических потерь за 2008 год в электрических сетях

6 – 10 кВ ОАО «Холдинг МРСК» показал следующее:

–в 35 РСК (51%) из 69 технологические потери не превышают 8 % от отпуска в эту сеть (без учета «прямых» потребителей);

–в 16 РСК (23 %) технологические потери выше 10 %.

Из анализа технологических потерь электроэнергии в электрических сетях 0,38 кВ следует:

–только в 9 РСК (13 %) технологические потери не превышают 8% от отпуска в сеть;

–в 38 РСК (55 %) технологические потери превышают 12% от отпуска в сеть.

В Типовой программе снижения потерь электрической энергии в электрических сетях ДЗО ОАО «Россети», разосланной в РСК, отмечено, что признаками «очагов» потерь в электрических сетях (неоптимальных режимов их работы) являются фактические потери в элементах сети выше следующих значений (по физическому балансу в разрезе уровней напряжения):

ВН – 4 %; СН1 – 5 %; СН2 – 6 %; НН – 11 %.

Из сравнения фактических относительных потерь электроэнергии в электрических сетях России с указанными предельными значениями и уровнями потерь в передовых

электрических сетях следует, что **по стране в целом имеется весьма существенный потенциал снижения потерь**. По минимальным оценкам он составляет **около 15-25 млрд.кВт.ч в год**. Это почти шестая часть вырабатываемой электроэнергии всеми атомными электростанциями страны. Из них 3-5 млрд.кВт.ч в год – потенциал снижения технических потерь и 12-20 млрд.кВт.ч в год – потенциал снижения нетехнических (коммерческих) потерь. Доля потенциала снижения значений фактических потерь электроэнергии в сетях для различных РСК и ТСО колеблется в диапазоне от **10 до 40%**.

Наличие указанного потенциала в России объясняется:

- значительным моральным и физическим износом электросетевого оборудования;
- неоптимальными режимами работы электрических сетей по уровням напряжения и потоками реактивной мощности;
- недостаточной мотивацией и квалификацией персонала электросетевых компаний для разработки и внедрения эффективных программ снижения потерь электроэнергии в сетях;
- использованием несовершенных методов расчёта количества отпущенной и потреблённой электроэнергии при отсутствии приборов учёта;
- несовершенством нормативной базы для эффективной борьбы с хищениями электроэнергии;
- недопустимыми погрешностями измерений объёмов электроэнергии, поступившей в электрические сети и отпущенной из электрических сетей;
- несовершенством системы снятия показаний приборов учёта и выставления счетов за потреблённую электроэнергию;
- ростом бездоговорного и безучётного потребления электроэнергии (хищений) в связи с ростом тарифов на электроэнергию;
- переносом ответственности за фактические и коммерческие потери электроэнергии в электрических сетях на сетевые компании и снятием этой ответственности со сбытовых организаций;

- недостаточностью материально-финансовых, людских ресурсов для полноценного решения проблем снижения потерь в сетях, в первую очередь, путем создания современных автоматизированных систем учета электроэнергии.

Если не предпринимать своевременных, постоянных, активных и решительных действий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях, они неизбежно будут расти. Этот рост может ускориться в ближайшие годы в связи с объективной необходимостью ликвидации перекрёстного субсидирования тарифов на электроэнергию, что приведет к увеличению тарифов у населения и бытовых потребителей и будет стимулировать хищения электроэнергии и недоплату за неё (отложенные платежи).

Вместе с тем известно, что в соответствии со «Стратегией развития электросетевого комплекса России» [2], **необходимо обеспечить к 2017 году снижение потерь электроэнергии на передачу в электрических сетях России на 11% к показателю 2012 г. (106,7 млрд.кВтч), что составит 11,7 млрд.кВтч.** Таким образом, **согласно целевому показателю Правительства РФ, потери электроэнергии на передачу в электрических сетях России должны составить в 2017 г. около 95 млрд.кВтч.** Для достижения приведенного ключевого показателя необходимо обеспечить за период 2012-2017 гг. ежегодное снижение потерь электроэнергии в электрических сетях **на 2,34 млрд.кВтч/год.** За период 2005-2012гг. абсолютная величина потерь электроэнергии в сетях снизилась всего на 5,9 млрд.кВтч (около 0,8млрд.кВтч/год). Исходя из этой фактической динамики можно ожидать на период 2012-2017 гг. снижение абсолютной величины потерь электроэнергии в сетях около 4 млрд.кВт.ч, что почти в три раза меньше необходимого.

5. Основные направления снижения потерь электроэнергии в электрических сетях.

Эти направления практически ничем не отличаются от упомянутых выше для промышленно развитых стран мира. Типовой перечень мероприятий по снижению потерь известен достаточно давно и установлен отраслевой инструкцией ещё в 1987 г [7]. С учётом передового зарубежного и отечественного опыта, основные направления снижения потерь электроэнергии сформулированы в «Политике инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Россети» [8]. Эти направления можно условно представить **в виде следующих пяти групп:**

- малозатратные мероприятия по оптимизации установившихся режимов электрических сетей, совершенствованию их эксплуатации, в том числе отключению малозагруженного оборудования, выполнению работ под напряжением и т.п. [9];
- капиталоемкие мероприятия по реконструкции, инновационному развитию электросетевого комплекса, внедрению энергосберегающего оборудования и технологий;
- модернизация, автоматизация и интеллектуализация систем учёта электроэнергии;
- оптимизация системы управления бизнес процессами, внедрение энергетического менеджмента, развитие энергосервисной деятельности;
- совершенствование нормативной базы контроля и снижения потерь электроэнергии в электрических сетях, повышения энергетической эффективности электросетевого комплекса в целом.

Последняя из названных групп имеет особенно важное значение. Именно от совершенства нормативной базы (федеральных законов, постановлений Правительства РФ, приказов Минэнерго России, ФСТ России, корпоративных документов и стандартов) решающим образом зависит энергетическая эффективность России в целом, в том числе электрических сетей.

В настоящее время одной из первоочередных проблем, требующих срочного нормативно правового урегулирования, является необходимость организации **согласованного взаимодействия электросетевых и энергосбытовых организаций в части снижения технических и нетехнических (коммерческих) потерь электроэнергии**. В настоящее время, вся ответственность за потери необоснованно возложена на электрические сети, хотя, как было отмечено выше, большая их часть приходится на нетехнические потери, лежащие **в сфере ответственности энергосбытовых организаций**. По-нашему мнению, оказание услуг по передаче и сбытовой деятельности, должно быть организовано на **консолидированном принципе**. Реализация этого принципа возможна на договорных условиях между электросетевой и сбытовой компаниями с определением меры ответственности каждой за сверхнормативные коммерческие потери в системе электроснабжения. При этом, мера ответственности должна определяться функциональными обязанностями электросетевых и энергосбытовых организаций **в конкретных условиях эксплуатации**. В частности,

если вся система учёта электроэнергии находится на балансе или обслуживании у энергосбытовой организации, то она должна нести полную финансово-экономическую ответственность за систематическую погрешность учёта электроэнергии у потребителей, хищения электроэнергии, другие недостатки в энергосбытовой деятельности (например, несвоевременную оплату за потребленную электроэнергию, неодновременность снятия показаний приборов учета и др.). Сетевая компания должна нести в этом случае финансово-экономическую ответственность только за несанкционированный доступ (подключение) к электрической сети.

Современная методология нормирования расходов электроэнергии на передачу (потерь) при тарифном регулировании предполагает необходимость оптимизации потерь электроэнергии (технических и коммерческих) и разработку технико-экономических обоснований и программ их снижения как важного направления уменьшения издержек и увеличения прибыли электросетевых компаний. **Эти программы должны составляться электросетевыми и энергосбытовыми организациями совместно и представляться в регулирующие органы с технико-экономическим обоснованием необходимых расходов для снижения технических и нетехнических потерь и учета этих затрат при тарифном регулировании.** Только консолидация (объединение) усилий электросетевых и энергосбытовых организаций, позволит получить существенные результаты по снижению сверхнормативных потерь электроэнергии в электрических сетях.

Возможно **более кардинальное решение** – сетевым организациям передать функции сбыта электроэнергии, как было ранее в дореформенный период (в этом случае будет системно персонифицирована ответственность за снижение сверхнормативных, в том числе и нетехнических потерь). Но при этом сетевым организациям необходимо передать вместе с функциями и ответственностью, соответствующие людские, финансовые и материальные ресурсы. Некоторые шаги в этом направлении уже делаются. В отдельных электросетевых организациях, в частности МОЭСК, в качестве филиалов стали создаваться операторы коммерческого учёта (ОКУ). Основная их задача – мониторинг, анализ, локализация и снижение нетехнических потерь электроэнергии. В этом случае потребуется утверждение регламента консолидации деятельности не только электросетей, но и энергосбыта и ОКУ. И в первом и во втором случае безусловно необходима разработка и внедрение действенной системы стимулирования всех участников снижения

потерь и контроля эффективности их работы со стороны государства в лице Минэнерго России и Ростехнадзора.

Второй, не менее важный вопрос, - совершенствование методов нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях.

Минэнерго России в 2014 году утвердило новую методику нормирования потерь на основе сравнительного анализа (бенчмаркинга) [10]. При этом практически отменена действовавшая в течение 2005 – 2014 г.г. методика расчёта технологических потерь электроэнергии в электрических сетях, **основанная на классических электротехнических законах и учитывающая реальные параметры и режимы электрических сетей**. Отмена расчётов потерь и их замена на чистый сравнительный анализ приведут к:

- возврату к планированию потерь по принципу «от достигнутого»;
- необоснованному снижению нормативов потерь в ряде сетевых организаций к «лучшим» показателям по результатам сравнения;
- снятию с Минэнерго России ответственности и его координирующей роли по утверждению и экспертизе нормативов потерь для электросетевых организаций;
- исключению из обоснования нормативов потерь самих электросетевых организаций, т.к. сравнительный анализ и определение нормативов будут осуществлять в Минэнерго России и органах тарифного регулирования без участия электросетей.

В связи с отмеченным:

- необходимо сохранить систему нормирования технологических потерь с разбивкой по уровням напряжения на основе электротехнических расчётов с использованием этих расчётов для тарифного регулирования, оценки сверхнормативных (на 80% нетехнических) потерь, оценки эффективности мероприятий по снижению потерь;
- систему **сравнительного анализа (бенчмаркинга) использовать, как это делается в промышленно развитых странах, для выявления лучших практик снижения потерь и установления контрольных цифр фактических потерь по годам с учётом расчётов нормативов, государственных заданий повышения энергоэффективности электрических сетей и передового опыта.**

6. Предложения к совершенствованию порядка нормирования потерь электроэнергии на основе сравнительного анализа (бенчмаркинга) и расчетов технологических потерь электроэнергии

1. Как было отмечено выше, нетехнические сверхнормативные потери относятся к совместной компетенции электросетевых, сбытовых организаций и потребителей электроэнергии.
2. Добиться существенного (на 15-20% за несколько лет) снижения фактических потерь электроэнергии на передачу возможно за счет системной идеологии (принципа) нормирования потерь на передачу на основе достигнутого опыта нормирования.
3. **Эта идеология должна быть логическим продолжением и развитием существующей методологии расчета и утверждения нормативных технологических потерь электроэнергии на её передачу.**
4. Алгоритм нормирования потерь электроэнергии на ее передачу по электрическим сетям с учетом достигнутого опыта схемно-технических расчетов технологических потерь электроэнергии и их сравнительного анализа в электросетевых организациях (бенчмаркинга) **представлен на блок схеме рис.1.**

Основное его отличие от методики нормирования Минэнерго России, утвержденной приказом Минэнерго от 30.09.2014 г. №647, состоит в следующем:

- В нормировании потерь электроэнергии **принимают участие все заинтересованные стороны:** Минэнерго России, региональные органы тарифного регулирования и электросетевые организации;
- Электросетевые организации в обязательном порядке представляют в Минэнерго России и в органы тарифного регулирования обосновывающие расчеты **технологических потерь электроэнергии** на регулируемый период.
- Минэнерго России путем анализа обосновывающих расчетов технологических потерь, $\Delta W_{\text{ТП}}$, данных бенчмаркинга, $\Delta W_{\text{бч}}$, и фактических потерь, $\Delta W_{\text{ф}}$, **рекомендует органам тарифного регулирования показатели по установлению нормативов потерь электроэнергии.**
- Органы тарифного регулирования, совместно с электросетевыми организациями, рассматривают предложения Минэнерго России и согласовывают предложения по установлению нормативов, либо направляют эти предложения с обосновывающими материалами на экспертизу в независимую экспертную организацию.

- После экспертизы, норматив потерь электроэнергии утверждается или проводятся дополнительные расчеты с обоснованием предложений;
- После утверждения нормативов потерь электроэнергии электросетевые организации совместно с энергосбытовыми компаниями разрабатывают соответствующие программы и мероприятия по снижению технических и нетехнических (коммерческих) потерь электроэнергии, которые также **утверждаются органами тарифного регулирования с выделением соответствующего финансирования на реализацию мероприятий и обеспечением контроля по их выполнению.**

Очевидно, что предлагаемый алгоритм нормирования требует всестороннего обсуждения. В изложенном виде его следует рассматривать в качестве попытки комплексного подхода к **нормированию и снижению потерь с учетом накопленного опыта нормирования и применения лучших практик снижения потерь электроэнергии в России.**

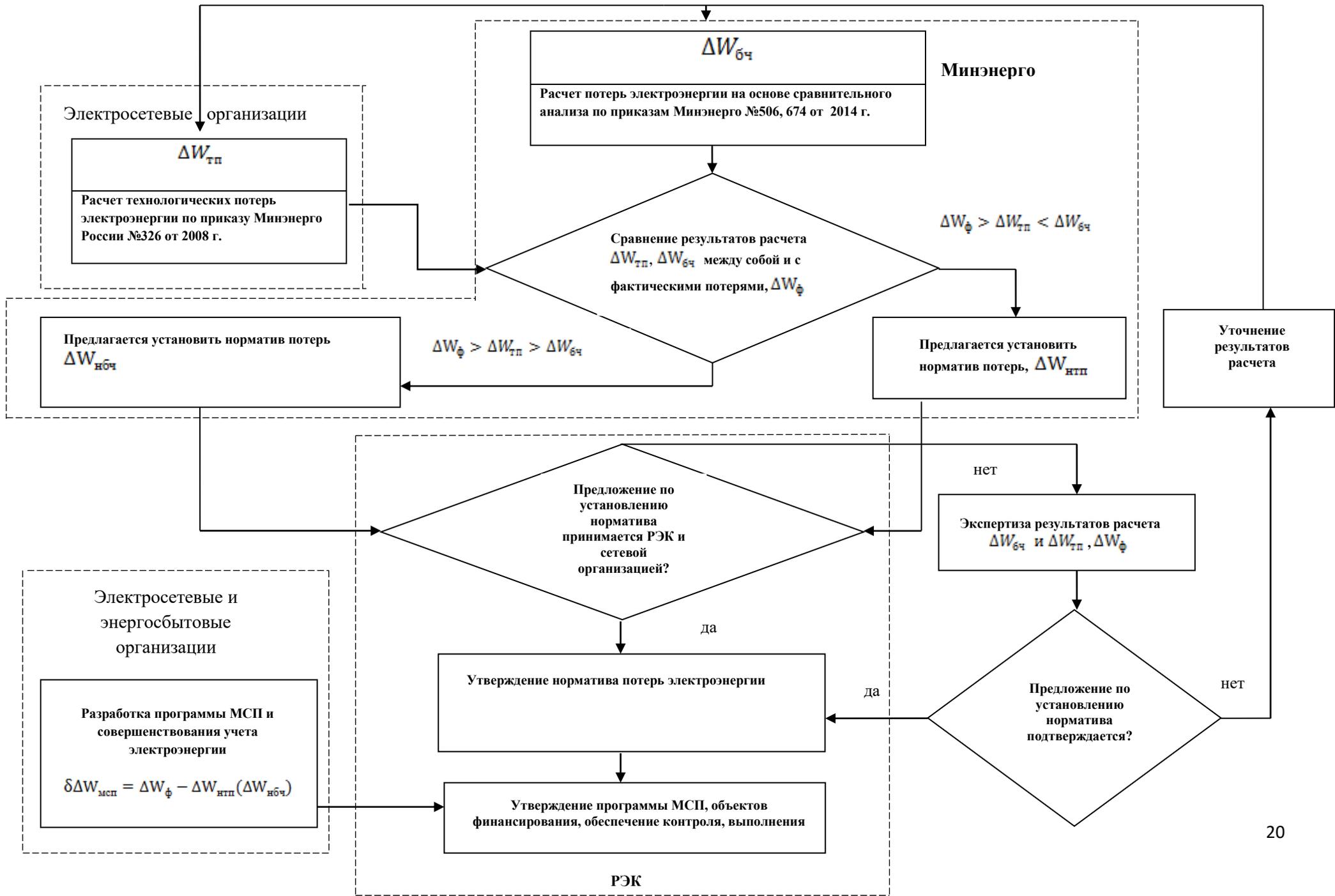


Рис. 1 Блок-схема алгоритма системного нормирования потерь электроэнергии на ее передачу в электрических сетях

Выводы

1. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях России – важнейшая стратегическая задача повышения энергетической эффективности инфраструктурной части электроэнергетики страны.
2. Величина суммарных абсолютных и относительных потерь электроэнергии в электрических сетях России требует уточнения и систематического контроля. Для этого необходима разработка и утверждение нормативных документов по расчёту фактических потерь электроэнергии по ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «Россети», ТСО, регионам и стране в целом. Необходимо восстановление государственной системы отчётности, мониторинга и анализа балансов и потерь электроэнергии
3. Относительные потери электроэнергии в электрических сетях России в 2-3 раза выше, чем в сетях промышленно развитых стран. Необходим статистический анализ передового зарубежного и отечественного опыта и активное его использование в разработке и внедрении программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности в российских электрических сетях
4. Необходимо дальнейшее совершенствование нормативно-правовой базы по:
 - организации консолидированной ответственности и взаимодействия электросетевых, энергосбытовых организаций и операторов коммерческого учёта по снижению технических и нетехнических потерь;
 - **развитию методов нормирования потерь и формированию технико-экономически обоснованных заданий по снижению фактических потерь электроэнергии в сетях**

Литература.

1. Electric power transmission and distribution losses (% of output)// <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>.
2. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации (утв. Распоряжением Правительства РФ от 3 апреля 2013 № 511-р
3. Приказ Росстата от 29.08.2012 №470 «Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за деятельностью предприятий»

4. Система энергетического менеджмента в электросетевом комплексе/авт. Муров А.Е., Мольский А.В., Воротницкий В.Э., Лозенко В.К. и др./ООО ИПК «Платина», 2014, 210с
5. Бохмат И.С. Снижение коммерческих потерь в электрических системах/ Бохмат И.С., Воротницкий В.Э., Татаринцов Е.П.// Электрические станции, 1998.-№9-с.53-39
6. Овсейчук В.А., Дворников Н.И., Калинкина М.А., Киселев П.В. Тарифное регулирование. Особенности учета потерь электроэнергии // Новости электротехники, 2004, № 5(29)
7. И34-70-028. Инструкция по снижению технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений. М.: СПО Союзтехэнерго, 1987 – 84с
8. Политика инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Россети» (утв. Советом директоров ОАО «Россети», протоколом от 23.04.2014 № 150).
9. Воротницкий В.Э. Основные направления снижения потерь электроэнергии в электрических сетях/Энергия единой сети, №2(7), апрель-май, 2013.
10. Овсейчук В.А., Шимко С.В. Метод бенчмаркинга (сравнительного анализа) для оптимизации уровней потерь электроэнергии в электрических сетях железных дорог/ под. ред. Г.П.Кутового.-М:Эко-Пресс, -2014.-146с