

Е.А. ЛОБАНОВА, студент гр. ЭПм-241 (КузГТУ)  
Научный руководитель Е.В. СКРЕБНЕВА, старший преподаватель  
(КузГТУ)  
г. Кемерово

## ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ: СКРЫТЫЙ ФАКТОР РИСКА ПРИ ЭНЕРГОПЕРЕХОДЕ

Энергетический переход – это глобальный процесс, направленный на декарбонизацию экономики за счет масштабного внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), электрификации транспорта и промышленности, а также повышения энергоэффективности [1]. На рисунке 1 представлена периодизация энергопереходов.

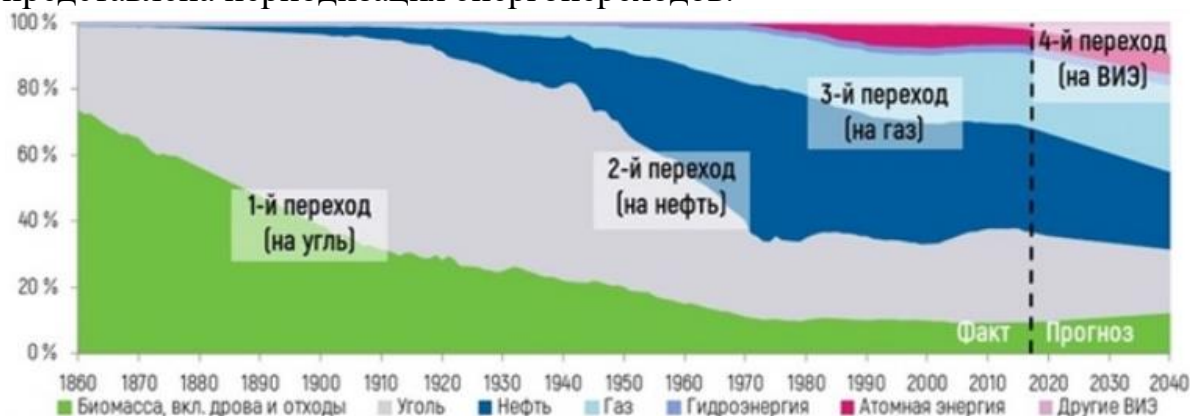


Рис. 1. Изменение структуры мирового первичного энергопотребления по видам топлива

Однако в стремлении к «зеленой» энергетике часто упускается из виду один из ключевых технико-экономических барьеров – потери электроэнергии (ЭЭ) в распределительных сетях. Несмотря на их кажущуюся второстепенность, именно они становятся скрытым, но системным фактором риска, способным подорвать эффективность всего энергоперехода.

Потери в распределительных сетях делятся на две категории: технические потери и коммерческие потери. Первые обусловлены законом Джоуля-Ленца. Потери возникают при передаче энергии через проводники с конечным сопротивлением и зависят от уровня нагрузки, напряжения, конфигурации сети и качества оборудования. Коммерческие потери – это результат хищений – несанкционированных подключений и несовершенства системы измерения [2].

В условиях энергоперехода технические потери существенно увеличиваются по нескольким причинам, а именно: децентрализация генерации, рост пиковых нагрузок, а также старение инфраструктуры.

Солнечные панели и ветроустановки подключаются на низком напряжении, ближе к потребителю. Это приводит к обратным потокам мощности, для которых традиционные распределительные сети не предназначены. В результате нарушаются режимы напряжения, возникают дополнительные потери.

Массовое внедрение электромобилей и тепловых насосов создает локальные пики потребления, особенно в вечерние часы. Это резко увеличивает токи в сетях и, как следствие, потери.

Многие распределительные сети эксплуатируются десятилетиями без модернизации. Устаревшие кабели, трансформаторы и коммутационные аппараты имеют повышенное сопротивление и низкую эффективность.

Коммерческие потери, в свою очередь, остаются острой проблемой во многих странах, особенно в регионах с недостаточно развитой системой учета. Несанкционированные подключения, манипуляции со счетчиками и ошибки в биллинге не только сокращают доходы сетевых компаний, но и искажают реальную картину потребления, затрудняя планирование модернизации и интеграцию ВИЭ [3]. На рисунке 2 представлена круговая диаграмма потерь электроэнергии в распределительных сетях.



Рис. 2. Диаграмма потерь электроэнергии в распределительных сетях

Игнорирование проблемы потерь ведет к недооценке реальных инвестиционных потребностей. Проектируя «зеленую» энергосистему, часто исходят из идеализированных моделей с КПД, близким к 100%. Однако на практике для компенсации потерь требуется дополнительная генерация, либо значительные вложения в модернизацию сетей. Без этого масштабное

подключение ВИЭ может привести к перегрузке сетей, снижению качества электроэнергии и даже аварийным отключениям [4].

Для решения данной проблемы предлагаю рассмотреть: модернизацию распределительной инфраструктуры, цифровизацию сетей, управление спросом, правовое регулирование.

Модернизация распределительной инфраструктуры подразумевает замену морально устаревшего оборудования, внедрение проводов нового поколения, установку современных трансформаторов и реконфигурацию сетевых узлов.

Цифровизация сетей включает в себя развертывание систем автоматизации (САПР, SCADA), интеллектуальных счетчиков (AMI), датчиков качества ЭЭ и программного обеспечения для мониторинга в реальном времени. Что позволяет быстро выявлять аварийные ситуации, локализовать хищение и оптимизировать режимы работы сети [5].

Для управления спросом требуется внедрить систему управления зарядом электромобилей.

Правовое регулирование подразумевает усиление ответственности за хищение и поддержку программ по легализации подключений.

Энергопереход не может быть успешным, если распределительные сети так и останутся слабым звеном системы. Потери ЭЭ – это не просто техническая неэффективность, а системный риск, который подрывает экономическую, экологическую и энергетическую устойчивость всей системы. Только комплексное внедрение современных технологий, гибкое управление спросом и эффективное правовое регулирование позволит превратить «последнюю милю» энергосистемы из уязвимого звена в надежный фундамент устойчивой энергетики будущего.

#### Список литературы:

1. Энергетический переход: вызовы и возможности. [Электронный ресурс]: URL: <https://ek-top.ru/articles/elektrotehnika/energy-transition-challenges-and-opportunities/> (дата обращения: 03.11.2025).
2. Методы и средства расчета, анализ и снижения потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.sroenergoauditorov.ru/news/01.pdf> (дата обращения: 03.11.2025).
3. Потери электроэнергии в электрических сетях. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.asutpp.ru/poteri-jelektroenergii-v-jelektricheskix-setjah.html> (дата обращения: 03.11.2025).
4. Зеленая энергетика и энергетический переход. Куда собирается перейти энергетика и зачем. [Электронный ресурс]: URL: <https://digitalocean.ru/n/zelenaya-energetika-i-energeticheskij-perehod> (дата

---

обращения: 03.11.2025).

5. Цифровизация электрических сетей. [Электронный ресурс]:  
URL: <https://ent39.ru/cifrovizaciya-elektricheskikh-setej> (дата обращения:  
03.11.2025).

Информация об авторах:

Лобанова Елизавета Андреевна, студент гр. ЭПм-241, КузГТУ,  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, lobanovaliza02@inbox.ru

Скребнева Евгения Владимировна, старший преподаватель, КузГТУ,  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, skrebnevaev@kuzstu.ru