

УДК 621.31

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРО- СНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**Голиков М.С., студент, Попова О.В., к.т.н., доцент**

Кузбасский Государственный технический университет имени Т.Ф. Горбаче-  
ва

**Аннотация.** В настоящей работе рассмотрена актуальность повышения энергоэффективности производства, включая системы электроснабжения промышленных предприятий. Рассмотрены основные методы повышения энергоэффективности, начиная с первичных компонентов (подшипников, пар трения, токопроводящих элементов) и заканчивая силовыми машинами. Сделан вывод о том, что высокого уровня энергоэффективности можно достичь только при рациональном использовании комплекса методов, включая использование современных энергоэффективных силовых машин, кабелей и проводов воздушных линий, а также системы контроля технического состояния всех компонентов системы.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, промышленные потребители энергии, тепловой контроль, инфракрасная термография, стратегическое планирование, системный подход.

**Abstract.** In this paper, the relevance of improving the energy efficiency of production, including power supply systems for industrial enterprises, is considered. The main methods of increasing energy efficiency are considered, starting with primary components (bearings, friction pairs, conductive elements) and ending with power machines. It is concluded that a high level of energy efficiency can be achieved only with the rational use of a set of methods, including the use of modern energy-efficient power machines, cables and wires of overhead lines, as well as a system for monitoring the technical condition of all system components.

**Keywords:** energy efficiency, industrial energy consumers, thermal control, infrared thermography, strategic planning, system approach.

Основным видом энергии, используемой на промышленных предприятиях, является электрическая, которая может быть преобразована в любой другой вид энергии. Основным потребителем электрической энергии является электропривод, от эффективной работы которого зависит эффективность всего производства. Другой группой, влияющей на эффективность системы электроснабжения, являются линии электропередач и подстанции.

Актуальность повышения энергоэффективности формируется исходя из нескольких постулатов, рассмотренных ниже.

1. Энергоэффективность занимает приоритетное направление в утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 г. № 1523-р Энергетической стратегии Российской Федерации на период до

2035 г. При этом основной упор в сценарии при прогнозировании развития топливно-энергетического комплекса уделяется развитию энергосбережения и повышению энергоэффективности в секторах - потребителях энергии [1].

2. Снижение природных запасов полезных ископаемых (нефть, газ, уголь, руды черных и цветных металлов), глобальное изменение климата, активное внедрение ESG – повестки в национальные, отраслевые и корпоративные стратегии, вынуждают производителей целенаправленно и систематически повышать эффективность производства.

3. Обострение экономических санкций, ведение торговых войн и недобросовестной конкуренции, снижение экспорта энергоносителей требуют повышения надежности систем электроснабжения. Несмотря на избыточность имеющихся топливно-энергетических ресурсов в России, по мнению авторов работ [2 - 5] без применения энергосберегающих технологий, разработки и внедрения энергоэффективного оборудования, использования рациональных методик оценки энергоэффективности невозможно в полной мере обеспечить конкурентоспособность российских продуктов на мировых рынках.

Актуальность направления исследования подтверждает многоуровневый подход к энергосбережению и повышению энергоэффективности. Так, на рис. 1 представлена структурная схема системы документов стратегического планирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в России [2].

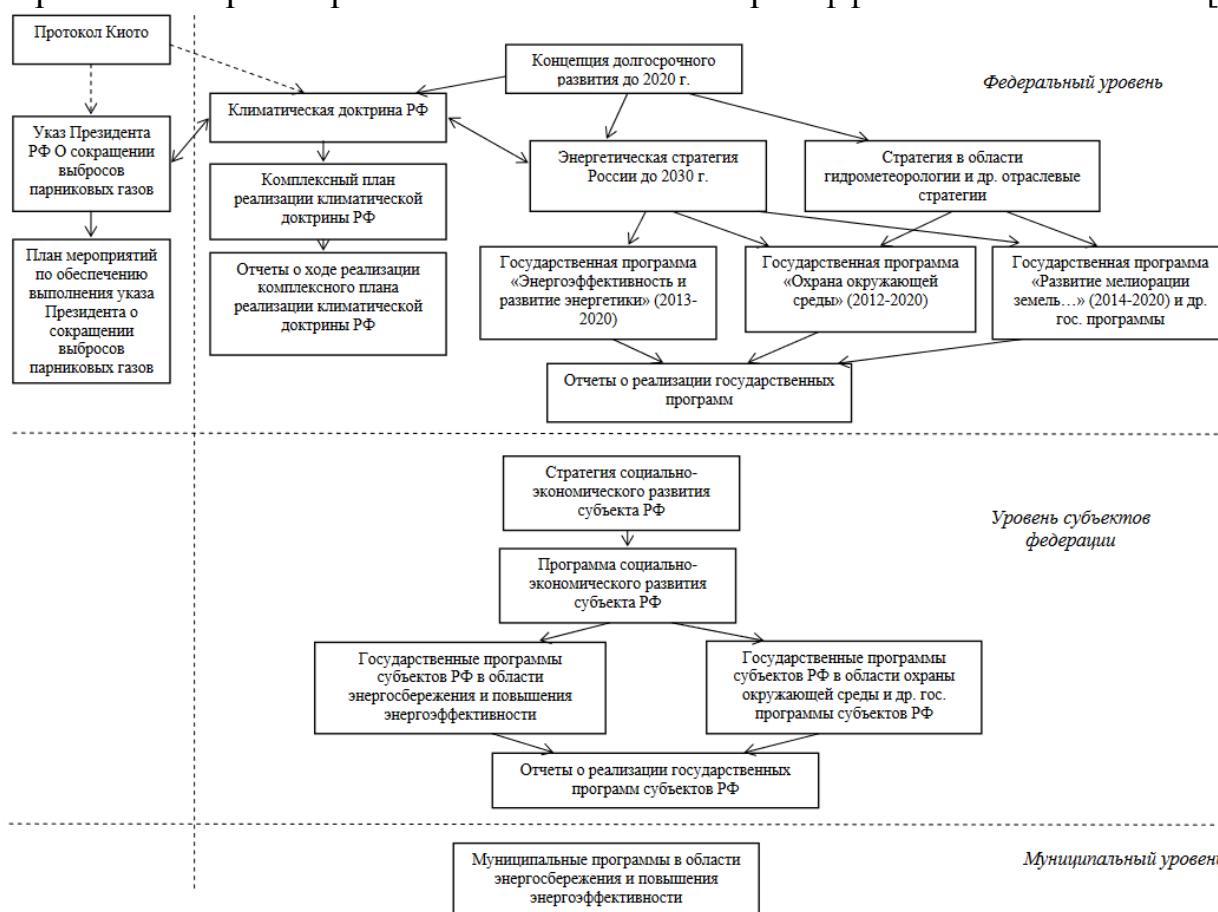


Рисунок 1 - Система документов стратегического планирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в России [2]

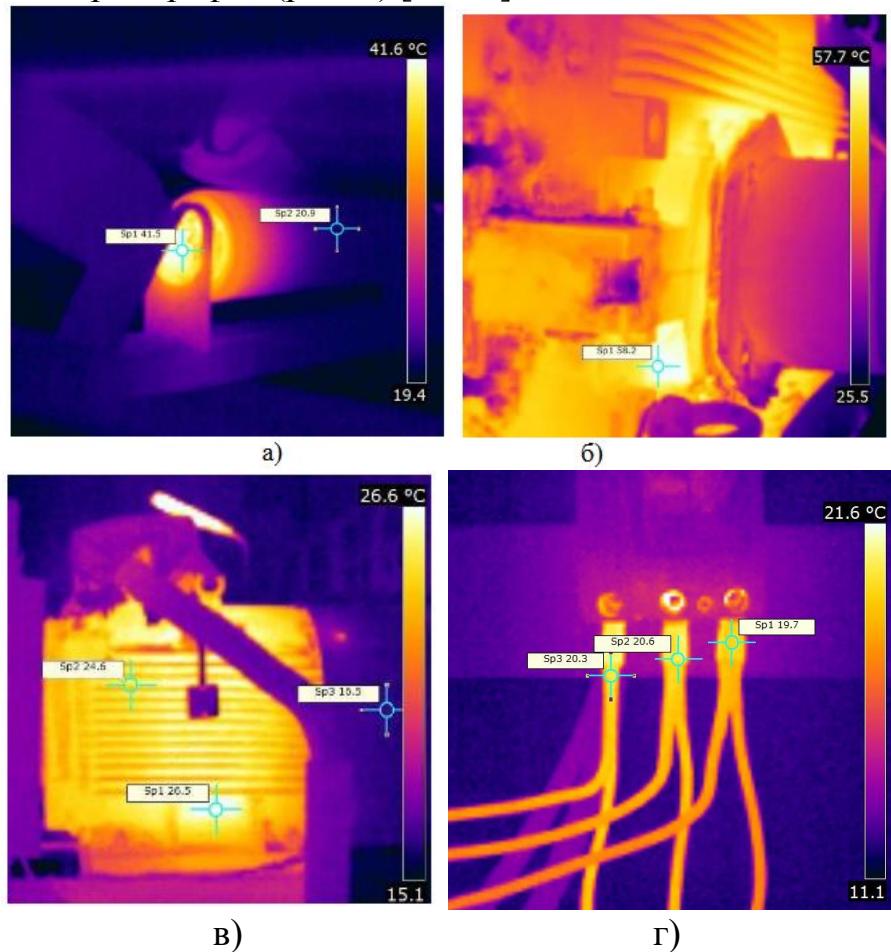
В то же время, И. Полетаевым отмечается, что в решении вопросов по внедрению энергоэффективных технологий происходит размытие системного подхода, приводящее к нескоординированному развитию систем жизнеобеспечения, необоснованным затратам, обусловленным образованием множества отдельных объектов электроэнергетики, необходимостью устранить конфликт интересов государственных и муниципальных образований, хозяйствующих субъектов различных форм собственности [5].

В настоящей работе предлагается рассмотреть основные методы повышения энергетической эффективности, начиная от первичных узлов, машин и механизмов и заканчивая трансформаторами и линиями электропередач.

Опираясь на основной закон – закон сохранения энергии – понимаем, что все процессы по преобразованию, распределению и передаче энергии сопровождаются ее диссиляцией (рассеиванием). Так, авторы работ [6, 7] показывают, что трение в сочленениях, подшипниковых узлах и других элементах приводит к рассеянию энергии и изменению теплового поля излучения.

При протекании электрического тока, часть мощности также преобразуется в тепловую энергию, что позволяет выявить аномальные участки и оборудование, где энергия расходуется неэффективно.

Таким образом, одним из эффективных и оперативных методов контроля температурных параметров, характеризующих эффективность преобразования и потребления энергии, являются методы теплового контроля, в том числе инфракрасная термография (рис. 2) [8 - 10].



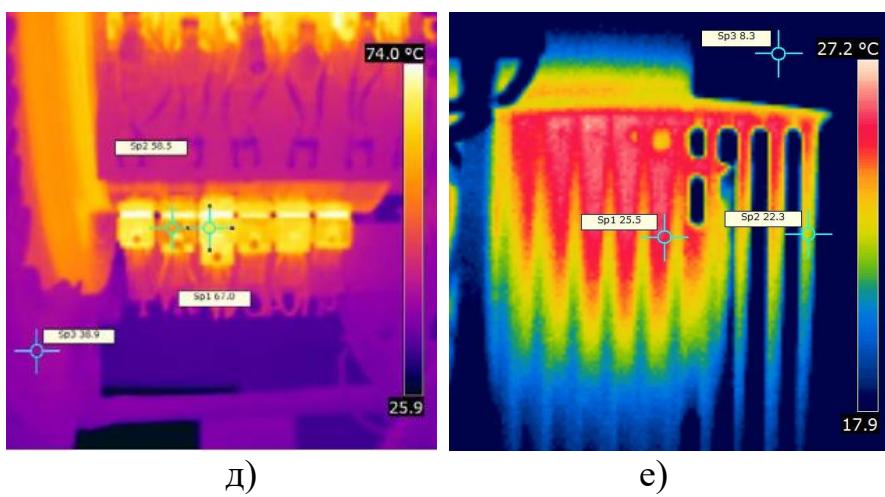


Рисунок 2 – Термограммы: а) – подшипника ролика [6], б) – корпуса редуктора [6], в) – корпуса электродвигателя [8], г) – вводного устройства и жил кабелей, д) – щеточно-коллекторного узла генератора [10], е) – силового трансформатора

Как доказано в работе [11] дефект обнаруживается путём сравнения температуры аналогичных (соседних) участков поверхности оборудования, работающих в одинаковых условиях нагрева и охлаждения. Тепловизионная диагностика выявляет дефекты на самой ранней стадии их образования и развития, что позволяет планировать объёмы и сроки ремонта оборудования, а также выявлять локальные узлы и контролировать их до замены [11, 12]. Кроме этого, применение методов теплового контроля повышает надежность и безопасность эксплуатации промышленного и энергетического оборудования.

Другим методом повышения энергетической эффективности является снижение потерь в воздушных и кабельных линиях.

Одним из способов уменьшения потерь в линиях электропередач был и остается повышение напряжения. В работе [13] авторы для снижения потерь в подземных кабельных линиях обосновывают переход на повышенное напряжение 10 кВ (вместо 6 кВ). Повышение напряжения приводит к снижению протекающих токов при передаче той же мощности, и, следовательно, меньшему нагреву токоведущих частей, но требует качественной современной изоляции.

Следующий способ снижения потерь в линиях основан на снижении влияния реактивного и активного сопротивлений путем увеличения числа проводящих жил кабелей и проводов, применении графеновых наноуглеродных трубок и других сверхпроводящих материалов, использование изолированных проводов с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена и т.п.

Третий метод повышения энергоэффективности основан на физическом уменьшении токовых нагрузок за счет высокого к.п.д. электропотребителей. Так в работе [14] авторами предлагается замена световых приборов типа ДРЛ на энергосберегающие ДНаТ и светодиодные. Активно разрабатываются и внедряются энергоэффективные силовые машины.

Анализ методов повышения энергоэффективности систем электроснабжения показывает необходимость комплексного использования перечисленных методов в совокупности и их рациональной комбинации. Критерием эффективности является отношение вложенных ресурсов к полученному результату, что на каждом конкретном производстве требует обоснования.

Таким образом, внедрение современных способов снижения потерь электроэнергии, применение современных трансформаторных подстанций, кабельных и воздушных линий, а также методов неразрушающего контроля позволяют повысить энергоэффективность, надежность и безопасность систем электроснабжения промышленных предприятий.

#### Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 N 1523-р (ред. от 21.10.2024) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года».
2. Жигалов, В. М. Современная система стратегического планирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в России в контексте новой климатической политики / В.М. Жигалов, Н.В. Пахомова // ПСЭ. 2015. №3 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoyaya-sistema-strategicheskogo-planirovaniya-energosberezheniya-i-povysheniya-energoeffektivnosti-v-rossii-v-kontekste-novoy/>
3. Самарина, В. П. Оценка энергоэффективности экономики России в сравнении с другими регионами мира и направления ее повышения // АНИ: экономика и управление. 2016. №3 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-energoeffektivnosti-ekonomiki-rossii-v-sravnenii-s-drugimi-regionami-mira-i-napravleniya-ee-povysheniya>.
4. Полетаев, И. Энергоэффективность и развитие экономики в современных условиях / И. Полетаев // Энергетическая политика. – 2024. – № 2(193). – С. 84-89. – DOI 10.46920/2409-5516\_2024\_2193\_84. – EDN HVZITE.
5. Полетаев, И. Актуальность решения проблем повышения энергоэффективности и энергосбережения в регионах Российской Федерации / И. Полетаев // Энергетическая политика. – 2024. – № 3(194). – С. 46-53. – DOI 10.46920/2409-5516\_2024\_3194\_46. – EDN BKCNKZ.
6. Лунегов, М. В. Возможности инфракрасной термографии при оценке технического состояния элементов ленточных конвейеров / М. В. Лунегов, Е. Г. Кузин // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая" : Конференция проходит при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Кемерово, 18–21 апреля 2017 года / Ответственный редактор Костюк Светлана Георгиевна. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 14006. – EDN ZQVTYT.
7. Достовалова, А. В. Оценка потерь энергии при работе роликоопор ленточного конвейера / А. В. Достовалова, В. Д. Быкадоров, Е. Г. Кузин //

Кузбасс: образование, наука, инновации : материалы Инновационного конвента, Кемерово, 15 декабря 2017 года. – Кемерово: Сибирский государственный индустриальный университет, 2017. – С. 31-33. – EDN YWYWNZ.

8. Хетчиков, П. И. Тепловизионный метод диагностики силовых и измерительных трансформаторов / П. И. Хетчиков // Современные вопросы естествознания и экономики : Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 21 марта 2024 года. – Прокопьевск: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 271-275. – EDN TJYXSG.

9. Кузин, Е. Г. Диагностика горно-шахтного оборудования в целях повышения безопасности эксплуатации / Е. Г. Кузин // Безопасность и живучесть технических систем : Труды IV Всероссийской конференции. В 2-х томах, Красноярск, 09–13 октября 2012 года / Научн. ред. В. В. Москвичев. Том 2. – Красноярск: Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, 2012. – С. 102-105. – EDN VVKVKL.

10. Герике, Б. Л. Диагностика оборудования карьерных экскаваторов / Б. Л. Герике, Е. Г. Кузин // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности : Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции, Кемерово, 18–21 сентября 2012 года / под редакцией В.И. Клишина; З.Р. Исмагилова; В.Ю. Блюменштейна; С.И. Протасова; Г.П. Дубинина. – Кемерово: Институт угля СО РАН, 2012. – С. 140-144. – EDN TBLGGV.

11. Оценка энергоэффективности транспортных установок по результатам технической диагностики / А. А. Хорешок, Е. Г. Кузин, А. В. Шальков [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 5(123). – С. 79-85. – DOI 10.26730/1999-4125-2017-5-79-84. – EDN ZTSLAL.

12. Diagnostics of Technical Condition of Gear Units of Belt Conveyors for the Aggregate of Methods of Nondestructive Testing / E. G. Kuzin, M. G. Lupiy, N. V. Grigoryeva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kemerovo, 18–21 апреля 2017 года. – Kemerovo, 2017. – Р. 012013. – DOI 10.1088/1757-899X/253/1/012013. – EDN ZRMDVV.

13. Возможность реализации перехода на повышенное напряжение в подземных распределительных сетях угольных шахт / Е. Г. Кузин, О. Е. Махалесова, М. Д. Богомолов, М. С. Полянский // Рекультивация выработанного пространства: проблемы и перспективы : Сборник статей участников VII Международной научно-практической Интернет-конференции, Белово, 10–17 декабря 2021 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 63-66. – EDN WYAKCH.

14. Абрамов, Е. М. Повышение энергоэффективности систем внутреннего и наружного освещения угольного разреза / Е. М. Абрамов, М. А. Королев, Е. В. Скребнева // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции памяти доктора технических наук, профессора В.Г. Каширских в рамках про-

ведения Года науки и технологий в Российской Федерации и празднования  
300-летия Кузбасса, Кемерово, 08–10 декабря 2021 года / Под редакцией Р.В.  
Беляевского, И.А. Лобур. – Кемерово: Кузбасский государственный техничес-  
кий университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 401-1-401-5. – EDN  
WRGYXS.