УДК 621.3.051 URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/iemim/sta/1134.html

СТАНДАРТЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

И.И. Долотов dolotovii@student.bmstu.ru
SPIN-код: 7811-2583

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

В статье представлена классификация технологий беспроводной передачи энергии по их физическому принципу и дальности действия. Для рассмотрения выделены индуктивные, резонансные, емкостные, микроволновые, а также оптические и акустические технологии. Приведены краткие теоретические сведения, необходимые для описания принципа работы технологий. Проанализированы существующие и перспективные стандарты области. Определен уровень стандартизации каждой из технологий, указаны преимущества каждой из них. Рассмотрены потенциальные сферы применения технологий беспроводной передачи энергии и перспективные стандарты. Даны рекомендации, направленные на устранение пробелов в стандартизации, согласования методик измерения эффективности и выбора методов и стандартов беспроводной передачи энергии для конкретных применений.

Ключевые слова: беспроводная связь, беспроводная передача энергии, технологии передачи энергии, стандарты беспроводной зарядки, индукционная передача энергии, расстояние для передачи

Введение. Актуальность работы обусловлена широким внедрением технологий беспроводной передачи энергии в современные электронные и электротехнические системы, включая мобильные устройства, носимую электронику, элементы интернета вещей и электрический транспорт [1].

Цель статьи — проанализировать существующие стандарты беспроводной передачи энергии для определения степени стандартизации различных технологий и выделения их максимальных рабочих характеристик.

Задачи исследования:

1) рассмотреть общие принципы и классификации методов беспроводной передачи энергии по принципу действия, дальности и мощности;

2) проанализировать существующие и ожидаемые стандарты в области беспроводной передачи энергии;

3) определить уровень стандартизации и ключевые параметры методов беспроводной передачи энергии;

4) выполнить сравнительный анализ рассмотренных методов и их уровень стандартизации.

Для достижения поставленной цели и выполнения сформулированных задач в работе рассмотрены технологии беспроводной передачи энергии

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026 ISSN 2541-8009

в порядке убывания распространенности их стандартизации и практического использования. Рассмотрение начинается с систематизации методов беспроводной зарядки по их мощности и дальности действия, что позволяет перейти к подробному изучению стандартов, регламентирующих их максимальную мощность, дальность, используемые частотные диапазоны и параметры работы.

Классификация и основные характеристики технологий беспроводной передачи энергии. Для анализа стандартизации технологий беспроводной передачи энергии (БПЭ) необходимо классифицировать существующие методы. Эти технологии различаются по физическому принципу, дальности действия, эффективности и мощности передачи. Также важными параметрами служат используемые частотные диапазоны и требования к безопасности. Системы БПЭ подразделяют на системы ближнего и дальнего действия [2, 3].

Системы ближнего действия, основанные на индуктивной и емкостной связи, характеризуются высокой эффективностью передачи энергии на короткие расстояния — от миллиметров до нескольких сантиметров. Такие системы широко применяются в беспроводных зарядных устройствах для мобильных устройств и имплантируемых медицинских приборов.

Системы дальнего действия, в которых используется микроволновое или оптическое излучение, обеспечивают передачу энергии на значительно бóльшие расстояния — от нескольких метров до километров. Однако эффективность таких систем, как правило, ниже, что связано с ростом потерь при увеличении дальности передачи. Примером применения таких систем могут служить технологии передачи энергии на основе лазерных лучей или микроволновых антенн.

Таким образом, классификация систем БПЭ по дальности действия позволяет более точно оценить их преимущества и ограничения, что служит важным шагом для дальнейшего развития и стандартизации этих технологий. Основные характеристики различных технологий беспроводной передачи энергии представлены в табл. 1 [2].

Таблица 1. **Характеристики технологий беспроводной передачи энергии**

Технология	Мощность передаваемой энергии	Дальность действия	Эффективность
Индуктивная	Вт – МВт	см	Высокая
Емкостная	Вт – кВт	мм – м	Высокая
Микроволновая	мВт – кВт	м – км	Низкая
Оптическая	Вт – кВт	м – км	Низкая
Акустическая	мВт – кВт	мм – м	Средняя

ISSN 2541-8009 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

Каждая из технологий имеет свои особенности применения и ограничения, что влияет на подходы к ее стандартизации и областям применения. Это позволяет перейти к анализу стандартов для представленных технологий.

Стандарты индуктивной передачи энергии. В основе индуктивной передачи энергии лежит использование энергии магнитного поля и явление взаимной индукции [4]. Система состоит из двух магнитосвязанных катушек, первичной и вторичной. Переменный ток в первичной катушке создает изменяющийся во времени магнитный поток. Этот поток, проходя через витки вторичной катушки, согласно закону индукции Фарадея, приводит к возникновению в ней электродвижущей силы.

Также существует технология резонансно-индуктивной передачи энергии. Она аналогична индуктивной передаче, но отличается тем, что контуры со слабосвязанными катушками дополняют емкостью с целью создания *LC*-колебательного контура и получения большего значения тока при настройке контура на резонанс. Резонансный ток индуцирует резонансное магнитное поле, которое захватывается настроенным на ту же резонансную частоту принимающим контуром, что в результате приводит к передаче большего количества энергии [5].

Стандарты в этой сфере охватывают широкий спектр приложений — от маломощной потребительской электроники до высокомощных систем зарядки электрического транспорта.

Стандарт Qi. Стандарт Qi, разработанный консорциумом Wireless Power Consortium (WPC), фактически служит мировым стандартом для беспроводной зарядки мобильных устройств, таких как смартфоны, наушники и умные часы. Его широкое распространение подтверждается тем, что в 2024 г. около 1 млрд устройств поддерживали данный стандарт. В актуальной версии спецификации Qi v2.2.1 представлена поддержка нескольких профилей работы, так что максимальная мощность передачи энергии составляет 25 Вт [6]. Эффективность зарядки при использовании стандарта доходит до 90 %.

Стандарты AirFuel Alliance. Компания AirFuel Alliance предлагает стандарт AirFuel Resonant, который основан на резонансно-индуктивном методе зарядки. Его основные отличия — это использование более высокой рабочей частоты в 6,78 МГц, что позволяет увеличить максимальное расстояние передачи до 50 мм, и возможность одновременной зарядки нескольких устройств в пределах одной зоны [7]. Для управления процессом зарядки и коммуникации между передатчиком и приемником применяется технология Bluetooth Low Energy (BLE). Максимальная мощность передачи составляет 50 Вт. Национальной версией данного стандарта, созданного в Японии организацией

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026 ISSN 2541-8009

Association of Radio Industries and Businesses (ARIB), является часть регламента ARIB STD-T113 [8].

Стандарты зарядки электромобилей. Стандартизация беспроводной зарядки электромобилей представляет собой ключевое направление в развитии электрического транспорта. Основной стандарт в этой области — SAE J2954, разработанный обществом Society of Automotive Engineers (SAE) для легковых электромобилей. Он определяет классы мощности до 11 кВт, рабочий диапазон частот 81,39…90,00 кГц и обеспечивает передачу энергии на расстояние до 250 мм с эффективностью более 90 %.

Для высокомощных транспортных средств, таких как автобусы и грузовики, было подготовлено расширение SAE J2954/2, поддерживающее передачу мощности до 500 кВт. Также международными организациями International Electrotechnical Commission (IEC) и International Organization for Standardization (ISO) разработан ряд стандартов серий IEC 61980 и ISO 5474, которые обеспечивают глобальную основу для беспроводной зарядки в электромобилях [9].

Помимо упомянутых также существует ряд других стандартов. Так, стандарты Light Electric Vehicle (LEV) и Medium Power Standard находятся в разработке и предназначены соответственно для легкого электротранспорта и пользовательской электроники мощностью до 65 Вт. Существует стандарт Wireless Charging (WLC), созданный ассоциацией компаний Near Field Communication Forum (NFC Forum), в котором используется NFC-интерфейс для передачи энергии мощностью до 1 Вт в носимых устройствах и элементах интернета вещей, что позволяет совместить зарядку и передачу данных.

Стандарты емкостной передачи энергии. Еще одной распространенной технологией является беспроводная зарядка с использованием электрических полей между пластинами. Типичная система состоит из двух конденсаторов, возможны конфигурации из большего числа пластин для достижения лучшей эффективности передачи энергии. Четыре металлические пластины образуют левую и правую стороны конденсаторов. Подача переменного напряжения на эту систему создает электрическое поле. На стороне приемника электрическое поле индуцирует ток. При работе на достаточно высоких частотах эти конденсаторы будут действовать так, как если бы они были проводниками.

Расстояние между двумя пластинами варьируется от нескольких миллиметров до десятков сантиметров [10]. Из-за максимальной напряженности поля, возникающего в результате электрического пробоя, удельная мощность зазора в воздухе ниже, чем при использовании индуктивной технологии. Наиболее перспективная область применения емкостной передачи энергии — статическая и динамическая (непосредственно во время движения) зарядка

 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

электромобилей, поскольку пластины можно интегрировать в днище автомобиля и дорожное полотно [8].

Стандарт ARIB STD-T113. На сегодняшний день единственным специализированным стандартом для емкостной БПЭ служит раздел стандарта ARIB STD-T113. Он регламентирует систему, используемую внутри помещений и предназначенную для зарядки мобильных устройств. В стандарте описаны принцип работы, параметры системы, конструкция и требования к управлению и электромагнитной совместимости устройств. Ключевые параметры стандарта:

– максимальная мощность 50 Вт;

– расстояние передачи до 10 мм;

– частоты передачи 427…522 кГц.

На данный момент эта технология не получила широкого распространения и существуют только единичные реализации технологии в данной области.

Стандарты микроволновой передачи энергии. Далее рассмотрим передачу энергии на основе микроволновых электромагнитных сигналов. Передающая антенна преобразует подаваемый сигнал в электромагнитные волны, которые распространяются в свободном пространстве. Приемная антенна преобразует электромагнитную волну соответствующего диапазона частот в электрический сигнал и отправляет его в конвертер для преобразования полученной энергии в энергию для питания нагрузки [11]. Проблемой данного метода является тепловое воздействие на живые ткани, находящиеся в зоне излучения, что накладывает ограничения на допустимую плотность мощности передаваемого сигнала.

Стандарт ARIB STD-T113. В одном из разделов стандарта ARIB STD-T113 описывается система БПЭ на основе электромагнитных волн в диапазоне 2497…2499 МГц с мощностью до 30 Вт для использования внутри помещений, предназначенная для зарядки мобильных устройств [8]. Для управления процессом зарядки, предусматривающим контроль состояний и их изменения, используется отдельный канал связи в диапазоне 2400,0…2483,5 МГц.

Стандарт AirFuel RF. Стандарт AirFuel RF (AirFuel radio frequencies), разработанный AirFuel Alliance, ориентирован на зарядку маломощных устройств, например электронные этикетки, датчики, носимые устройства, элементы интернета вещей. Мощность передачи ограничена 1 Вт, а передача энергии возможна на расстоянии до нескольких метров.

Области с недостаточной стандартизацией. Проведенный анализ показывает существенный технологический разрыв в уровне стандартизации между технологиями БПЭ. Наиболее глобально проблема отсутствия нормативной базы проявляется в областях оптической и акустической передачи

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026 ISSN 2541-8009

энергии [12]. Для них отсутствуют специализированные стандарты, регламентирующие параметры передачи энергии, протоколы связи и требования к совместимости. Наиболее полно существующие ограничения учитывают стандарты безопасности, например IEC 60825-1 по безопасности лазерной аппаратуры и государственный стандарт (ГОСТ) 12.1.001–89 по нормам воздействия ультразвука [13].

В настоящее время в области БПЭ наблюдаются тенденции к увеличению передаваемой мощности, расширению числа прикладных сценариев и повсеместному внедрению беспроводных зарядных решений. Ранее данные технологии ориентировались преимущественно на маломощные потребительские устройства, а сейчас они активно масштабируются и развиваются для применения в транспортной и промышленной сферах. Это сопровождается ростом требований к эффективности, электромагнитной совместимости, безопасности и унификации технических параметров.

Сравнительная характеристика технологий БПЭ по параметрам мощности и максимальной дальности и основными областями применения приведена в табл. 2.

Таблица 2. **Сводные характеристики стандартов технологий беспроводной зарядки**

Технология	Стандарты	Максимальная мощность	Дальность действия	Основные области применения
Индуктивная	Qi, AirFuel, SAE J2954, IEC 61980, ISO 5474, WLC	От 1 Вт до 500 кВт	До 250 мм	Мобильные устройства, электромобили
Емкостная	ARIB STD-T113	До 50 Вт	До 10 мм	Мобильные устройства
Микроволновая	ARIB STD-T113, AirFuel RF	От 1 до 30 Вт	До нескольких метров	Мобильные устройства, элементы интернета вещей

В таблице указаны возможные диапазоны максимальной мощности для каждой из технологий, в которой существуют стандартизационные документы, их дальность действия и основные области применения [14].

Заключение. В работе выполнены анализ, систематизация и классификация существующих технологий, стандартов и практических решений для БПЭ, обобщены их ключевые технические характеристики и даны рекомендации.

Стандарты распределены по группам (индуктивная, емкостная и микроволновая) и проанализированы. На основе этих данных можно сделать вывод о сильном различии в уровнях стандартизации технологий.

 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

Наибольший уровень стандартизации демонстрируют индуктивная и резонансно-индуктивная технологии. Это подтверждается наличием множества действующих международных стандартов, таких как Qi, AirFuel Resonant, WLC, а также высокомощных стандартов для электромобилей SAE J2954, IEC 61980 и ISO 5474.

Индуктивная и резонансно-индуктивная технологии беспроводной зарядки демонстрируют наивысший уровень стандартизации: для потребительской электроники и мобильных устройств действуют подробные спецификации, а для электротранспорта существуют регламенты, задающие классы мощности и методы испытаний. В ближайшее время ожидается дальнейшее улучшение уровня стандартизации благодаря распространению новых стандартов, таких как LEV и Medium Power Standard, разрабатываемых консорциумом Wireless Power Consortium.

Емкостные и микроволновые технологии имеют слабую нормативную базу, их параметры определяются отдельными документами и разделами регламентов, что ограничивает их широкое применение.

Оптические и акустические технологии в настоящее время не имеют специализированных стандартов, их регулирование во многом опирается на общие требования по безопасности.

В результате анализа стандартов можно сделать вывод, что индуктивные решения остаются доминирующим инструментом для массовой зарядки (типичные диапазоны — от единиц ватт для носимой электроники до десятков и сотен киловатт для стационарной и транспортной инфраструктуры); емкостная передача целесообразна при малых зазорах (порядка миллиметров-сантиметров) и ограниченных мощностях; микроволновые/RF-решения применимы для удаленного питания маломощных устройств (на расстояниях до нескольких метров), но требуют дальнейшей нормативной доработки.

Индуктивные решения являются основным инструментом для массового применения для зарядки мобильной электроники и электрических транспортных средств с широким диапазоном возможной мощности передачи энергии. Емкостная передача целесообразна при малых зазорах и ограниченных мощностях. Микроволновая технология применима для удаленного питания маломощных устройств.

По результатам проведенного исследования рекомендуется:

1) устранить отсутствие нормативной документации для перспективных технологий беспроводной передачи энергии;

2) стандартизировать методики измерения эффективности для реальных сценариев использования;

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026 ISSN 2541-8009

3) унифицировать существующие стандарты в рамках отдельных технологий;

4) разработать стандарты для среднего диапазона мощности;

5) оптимизировать выбор технологии и стандарта в зависимости от решаемых задач.

Литература

[1] Todorov G.N., Volkova E.E., Vlasov A.I., Nikitina N.I. Modeling Energy-Efficient Consumption at Industrial Enterprises. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2019, no. 2, pp. 10–18. https://doi.org/10.32479/ijeep.7376

[2] Rahman M.M., Shanto M.S.I., Sarker N., Rani T., Paul L.C. A comprehensive review of wireless power transfer methods, applications, and challenges. *Engineering Reports*, 2024, no. 10, art. no. e12951. https://doi.org/10.1002/eng2.12951

[3] van Mulders J., Delabie D., Lecluyse C., Buyle C., Callebaut G., van der Perre L., de Strycker L. Wireless Power Transfer: Systems, Circuits, Standards, and Use Cases. *Sensors*, 2022, no. 15, art. no. 5573. https://doi.org/10.3390/s22155573

[4] Артемьев Б.В., Костиков В.Г., Шахнов В.А. *Источники электропитания в приборостроении*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, 432 с.

[5] Фролова Е.А., Доброскок Н.А. Критический обзор методов электромагнитной бесконтактной передачи энергии. *Развивая энергетическую повестку будущего. Междунар. науч.-практ. конф. для представителей сообщества молодых инженеров ТЭК: сб. докл.* Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021, с. 153–157.

[6] Ухов А.А., Булат М.П., Волобуев И.А., Шаповалов С.В., Ли Р.В. Система беспроводной передачи энергии для питания бортовой аппаратуры летательного аппарата. *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*. 2021, № 4, с. 32–38. https://doi.org/10.3103/S106879982104005X

[7] van Eyl E.N., Athanasopoulos N., Raddino D., Morsi R. Wireless Power Transfer: Waveform Efficiency, Interoperability and Technology Outlook. *Microwave Journal*. 2024, no. 11, art. no. 82.

[8] Артемьев Б.В., Алпатов А.В., Сацков М.А., Юлдашев М.Н. Анализ методов и средств беспроводной передачи энергии. *Датчики и системы*. 2022, № 1, с. 3–11. https://doi.org/10.25728/datsys.2022.1.1

[9] Артемьев Б.В., Селиванов К.В., Яицкая Е.Е. Анализ систем мониторинга аккумуляторных батарей. *Технологии инженерных и информационных систем*. 2020, № 4, с. 3–13.

[10] Lu F., Zhang H., Mi C. A Review on the Recent Development of Capacitive Wireless Power Transfer Technology. *Energies*, 2017, no. 11, art. no. 1752. https://doi.org/10.3390/en10111752

 © МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

[11] Wang C., Xu W., Zhang C., Wang M., Wang X. Microwave wireless power transmission technology index system and test evaluation methods. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 2022, no. 1, art. no. 16. https://doi.org/10.1186/s13634-022-00846-7

[12] Ochiai N., Toriumi Y., Kashiwakura K., Ota S., Yamaguchi K., Mando Y., Takeuchi Y., Takahashi M., Tsumura Y. Demonstration of 15 % Efficient Optical Wireless Power Transmission Over 1 km With Atmospheric Turbulence. *Electronics Letters*. 2025, no. 1, art. no. e70379. https://doi.org/10.1049/ell2.70379

Sherrit S., Bao X., Badescu M., Aldrich J., Bar-Cohen Y., Biederman W., Chang Z. 1 kW Power Transmission Using Wireless Acoustic-Electric Feedthrough (WAEF). *Earth & Space 2008: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments*. 2008, pp. 1–10. https://doi.org/10.1061/40988(323)120

[13] Селиванов К.В., Бардик Э.Р., Киселев П.Д. Анализ информационной системы управления системой предиктивной аналитики и управления энергосистемами различного назначения на базе возобновляемых источников энергии. *Технологии инженерных и информационных систем*. 2024, № 2, с. 53–62.

Поступила в редакцию 07.04.2026

Долотов Илья Игоревич — студент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Л.А. Зинченко, д-р техн. наук, профессор кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:
Долотов И.И. Стандарты беспроводной передачи энергии. *Политехнический молодежный журнал*, 2026, № 5 (106). URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/iemim/sta/1134.html

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026 ISSN 2541-8009

WIRELESS ENERGY TRANSMISSION STANDARDS

I.I. Dolotov dolotovii@student.bmstu.ru
SPIN-code: 7811-2583

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

The classification of wireless energy transmission methods according to their physical principle and range is considered. Brief theoretical information describing the principle of technology operation is provided. The existing and prospective standards of the region are analyzed. The results of determining the level of standardization of each of the methods with the advantages of each of them are presented. Potential applications of wireless energy transmission technologies are also considered.

Keywords: wireless power transmission, wireless charging standards, induction power transmission, classification, power, transmission distance, Qi, AirFuel, SAE J2954, IEC 61980, ARIB STD-T113

References

[1] Todorov G.N., Volkova E.E., Vlasov A.I., Nikitina N.I. Modeling energy-efficient consumption at industrial enterprises. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019, no. 2, pp. 10–18. https://doi.org/10.32479/ijeep.7376

[2] Rahman M.M., Shanto M.S.I., Sarker N., Rani T., Paul L.C. A comprehensive review of wireless power transfer methods, applications, and challenges. *Engineering Reports*. 2024, no. 10, art. no. e12951. https://doi.org/10.1002/eng2.12951

[3] van Mulders J., Delabie D., Lecluyse C., Buyle C., Callebaut G., van der Perre L., de Strycker L. Wireless Power Transfer: Systems, Circuits, Standards, and Use Cases. *Sensors*. 2022, no. 15, art. no. 5573. https://doi.org/10.3390/s22155573

[4] Artemyev B.V., Kostikov V.G., Shakhnov V.A. *Istochniki elektropitaniya v priborostroenii* [Power Supplies in Instrument Engineering]. Moscow, BMSTU Publ., 2023, 432 p. (In Russ.).

[5] Frolova E.A., Dobroskok N.A. Kriticheskiy obzor metodov elektromagnitnoy beskontaktnoy peredachi energii [A critical review of electromagnetic contactless energy transmission methods]. *Razvivaya energeticheskuyu povestku budushchego* [Advancing the Future Energy Agenda]. Saint Petersburg, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" Publ., 2021, pp. 153–157. (In Russ.).

[6] Ukhov A.A., Bulat M.P., Volobuev I.A., Shapovalov S.V., Li R.V. Wireless Power Transmission System for Powering Onboard Equipment of an Aircraft. *Russian Aeronautics*, 2021, no. 4, pp. 613–619. https://doi.org/10.3103/S106879982104005X

[7] van Eyl E.N., Athanasopoulos N., Raddino D., Morsi R. Wireless Power Transfer: Waveform Efficiency, Interoperability and Technology Outlook. *Microwave Journal*. 2024, no. 11, art. no. 82.

 © BMSTU, 2026

[8] Artemyev B.V., Alpatov A.V., Satskov M.A., Yuldashev M.N. Analysis of methods and means of wireless energy transmission. *Datchiki i sistemy* [Sensors & Systems], 2022, no. 1, pp. 3–11. (In Russ.). https://doi.org/10.25728/datsys.2022.1.1

[9] Artemyev B.V., Selivanov K.V., Yaitskaya E.E. Analysis of battery monitoring systems. *Tekhnologii inzhenernykh i informatsionnykh sistem* [Engineering and Information Systems Technologies], 2020, no. 4, pp. 3–13. (In Russ.).

[10] Lu F., Zhang H., Mi C. A Review on the Recent Development of Capacitive Wireless Power Transfer Technology. *Energies*, 2017, no. 11, art. no. 1752. https://doi.org/10.3390/en10111752

[11] Wang C., Xu W., Zhang C., Wang M., Wang X. Microwave wireless power transmission technology index system and test evaluation methods. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2022, no. 1, art. no. 16. https://doi.org/10.1186/s13634-022-00846-7

[12] Ochiai N., Toriumi Y., Kashiwakura K., Ota S., Yamaguchi K., Mando Y., Takeuchi Y., Takahashi M., Tsumura Y. Demonstration of 15 % Efficient Optical Wireless Power Transmission Over 1 km With Atmospheric Turbulence. *Electronics Letters*, 2025, no. 1, e70379. https://doi.org/10.1049/ell2.70379

Sherrit S., Bao X., Badescu M., Aldrich J., Bar-Cohen Y., Biederman W., Chang Z. 1 kW Power Transmission Using Wireless Acoustic-Electric Feedthrough (WAEF). *Earth & Space 2008: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments*. 2008, pp. 1–10. https://doi.org/10.1061/40988(323)120

[13] Selivanov K.V., Bardik E.R., Kiselev P.D. Analysis of the information management system for predictive analytics and management of energy systems for various purposes based on renewable energy sources. *Tekhnologii inzhenernykh i informatsionnykh sistem* [Engineering and Information Systems Technologies], 2024, no. 2, pp. 53–62. (In Russ.).

Received 07.04.2026

Dolotov I.I. — Student, Department of Design and Technology of the Electronic Equipment Production, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — L.A. Zinchenko, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Design and Technology of the Electronic Equipment Production, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:
Dolotov I.I. Wireless energy transmission standards. *Politekhnicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2026, no. 5 (106). (In Russ.). URL: https://ptsj.bmstu.ru/catalog/iemim/sta/1134.html

© BMSTU, 2026 ISSN 2541-8009