

### Информация об авторах

**Бауржан Рахадиллов** – PhD, проректор по научной работе Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: rakhadilovb@mail.ru.

**Ринат Кенжеевич Кусаинов** – руководитель Инжинирингового центра «Упрочняющие технологии и покрытия», Семей, Казахстан; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru.

**Ринат Хамитулы Курмангалиев** – младший научный сотрудник Инжинирингового центра «Упрочняющие технологии и покрытия», Семей, Казахстан; e-mail: rinat\_real@rambler.ru.

**Мухаммад Нуразлан Бин Абд Азис** – PhD, доцент, Наноцентр, факультет науки и математики, Университет образования султана Идриса, Танджонг Малим, Перак, Малайзия; e-mail: azlanmn@fsmt.upsi.edu.my.

**Назира Мусатаева\*** – студентка группы F-302, Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: naziramusataeva51@gmail.com.

Received 26.02.2025

Revised 03.03.2025

Accepted 04.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-45](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-45)



МРНТИ: 61.51.00

**Е.Н. Мясоедова\*, Ж.К. Алдажуманов, Д.В. Мясоедов, А.Н. Шалаганова,  
А.Е. Сатыбалдинова**

Университет имени Шакарима города Семей,  
071410, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20А  
\*e-mail: Kate\_white89@mail.ru

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕЛЕФОНОВ

**Аннотация:** Статья посвящена сравнительному анализу радиационного излучения, которое исходит от различных моделей мобильных телефонов. Целью исследования является определение уровней излучения, а также их соответствие допустимым нормам, установленным международными стандартами. В рамках работы были проведены дозиметрические измерения, позволяющие оценить интенсивность излучения каждой модели, а также выявить возможные отклонения от предельно допустимых значений. Сравнение телефонов проводилось по ключевым показателям, таким как величина специфической поглощённой мощности (SAR) и уровень ионизирующего излучения. Уделено особое внимание методологии измерений, чтобы обеспечить точность и воспроизводимость результатов. Дополнительно в статье рассматриваются факторы, влияющие на уровень излучения, такие как конструктивные особенности телефонов, частотные диапазоны и условия эксплуатации. Приведённый анализ позволяет выявить закономерности между техническими характеристиками устройств и их радиационной безопасностью. Полученные данные могут быть полезны не только для конечных пользователей, а также и для производителей, стремящихся к созданию более безопасных устройств. Работа подчеркивает важность информирования населения о потенциальных рисках, связанных с излучением мобильных телефонов, и предлагает практические рекомендации для их минимизации.

**Ключевые слова:** излучение телефонов, ионизирующее излучение, негативное воздействие, дозиметрия, допустимые нормы.

### Введение

Мобильный телефон представляет собой портативное устройство, основная функция которого заключается в обеспечении голосовой связи. Сегодня сотовая связь является наиболее популярным видом мобильной радиосвязи, поэтому термин "мобильный телефон" зачастую ассоциируется именно с сотовым устройством. Это изобретение можно поставить в один ряд с важнейшими достижениями человечества, такими как печатный станок и автомобиль. Если книгопечатание дало возможность сохранять и распространять знания, а автомобиль значительно расширил границы передвижения, то мобильный телефон позволил людям оставаться на связи практически в любой точке планеты и в любое время [1].

С детства многие слышали о потенциальной опасности излучения, исходящего от мобильных телефонов: некоторые даже считают, что их вредно держать в карманах или класть рядом с головой во время сна. Однако изучение воздействия радиочастотного излучения смартфонов на здоровье человека всё ещё находится на начальной стадии. Существует мнение, что сотовые телефоны, как и микроволновые печи, радиотелефоны или телевизоры, являясь источниками сверхвысокочастотного излучения, могут отрицательно влиять на здоровье. Излучение, генерируемое мобильными устройствами, поглощается тканями головы, включая клетки мозга, сетчатку глаз, а также слуховые и зрительные структуры. Чем дольше продолжается разговор по телефону, тем сильнее нагреваются эти ткани под воздействием электромагнитных волн. Облучение происходит на протяжении всего времени общения, так как одна частота создаётся телефоном звонящего, а другая – устройством собеседника. Наибольшая интенсивность излучения наблюдается в момент установления соединения и приёма вызова [2].

Некоторые исследования показывают, что использование мобильных телефонов может быть связано с развитием онкологических заболеваний, однако ряд других научных работ утверждает, что риск для пользователей не превышает уровня, характерного для остального населения. Споры по этому вопросу продолжаются, так как проблема является сложной и требует глубокого научного подхода. Исследования, которые утверждают, что существует взаимосвязь между длительным использованием мобильных устройств и развитием рака, часто основываются на данных о воздействии электромагнитного излучения на клетки организма. Противоположные же результаты, демонстрирующие отсутствие такой зависимости, указывают на недостаточность доказательств или методологические ошибки предыдущих экспериментов. Таким образом, вопрос остается открытым, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований в этой области для получения объективных данных и выработки рекомендаций для населения.

Мобильные телефоны, которые уже давно стали неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека, продолжают оставаться объектом дискуссий относительно их потенциального влияния на здоровье пользователей. Одной из наиболее обсуждаемых и спорных тем является предположение о связи между использованием мобильных устройств и повышением вероятности возникновения онкологических заболеваний. Некоторые научные работы указывают на возможную связь между длительным использованием телефонов и риском развития раковых опухолей, включая опухоли головного мозга, тогда как другие исследования, наоборот, опровергают такие выводы, утверждая, что подобный риск ничем не отличается от общепринятого для всех людей. Таким образом, данный вопрос остается актуальным, вызывая большое количество разногласий и стимулируя новые научные изыскания.

Главным и ключевым вопросом в этой продолжающейся дискуссии является проверка достоверности существующих данных, а также уточнение их научной обоснованности. Для этого ученые используют различные подходы, одним из которых является анализ уровня радиационного излучения, характерного для различных моделей мобильных телефонов. Такое исследование позволяет выявить, насколько мощным является излучение, которое генерируют устройства, и какие его параметры могут представлять потенциальную опасность для здоровья человека. Один из способов оценки заключается в измерении мощности эквивалентной дозы излучения, включая анализ воздействия, сравнимого с рентгеновскими и гамма-лучами. Этот процесс требует сложного оборудования и точного анализа, так как даже небольшие отклонения могут существенно влиять на результаты и выводы.

Технологический процесс передачи данных в мобильных устройствах основан на сложных физических принципах, таких как преобразование звуковых сигналов в электромагнитные волны. Во время телефонного разговора передатчик устройства преобразует звуковую информацию в непрерывную синусоидальную волну, которая затем передается через антенну телефона. Эта закодированная волна распространяется равномерно в окружающем пространстве, где ее принимает другая антенна, отвечающая за дальнейшую передачу данных. Процесс представляет собой последовательное преобразование и передачу информации, обеспечивающее бесперебойную связь между собеседниками, независимо от их географического местоположения.

Электромагнитное излучение, которое генерируется мобильными телефонами, состоит из сочетания электрической и магнитной энергии. Эти волны движутся со скоростью света, что делает процесс передачи данных практически мгновенным. Все виды электромагнитной энергии распределены в пределах так называемого электромагнитного спектра, который охватывает широкий диапазон излучений – от радиоволн низкой частоты до высокоэнергетических рентгеновских и гамма-лучей. Мобильные устройства занимают определенное место в этом спектре, что определяет характеристики их излучения, включая интенсивность и потенциальное воздействие на организм человека.

Таким образом, детальное и всестороннее исследование физических свойств излучения, которое генерируют мобильные устройства, а также анализа их мощности и спектрального диапазона, может сыграть решающую роль в разрешении споров. Только на основе таких данных можно сформировать точное понимание потенциальных рисков для здоровья пользователей и разработать рекомендации, которые помогут минимизировать возможное негативное воздействие [3].

### Методы исследования

Согласно действующим санитарным правилам и нормам «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона», допустимая норма напряженности электромагнитного поля составляет 10 мкВт/см<sup>2</sup> (или же 0,1 Вт/м<sup>2</sup>). Этот параметр описывает плотность потока энергии (ППЭ), проходящего через человеческое тело [4].

Для проведения измерений величины фотонного ионизирующего излучения дозиметром-радиометром ДРБП-03 были взяты 6 имевшихся моделей телефонов, марки которых присутствуют в списке самых популярных смартфонов в Казахстане.

Определение уровня радиации представляет собой физический подсчет микроэлектроникой прибора всех радиоактивных частиц, проходящих через регистрационную камеру. Подсчет таких частиц за определенную единицу времени приводит к результату, выведенному на дисплее прибора.

Пределы допустимой основной погрешности дозиметра-радиометра при градуировке и проведении измерений в полях непрерывного излучения в диапазоне 0.10 – 1.00 мкЗв/ч составляют не более  $\pm(15+4/N)$  %, где N – измеренное значение мощности экспозиционной дозы (МЭД) [5, 6].

### Результаты исследований

В ходе выполнения измерений были получены следующие результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни радиации, полученные ДРБП-03

№	Модель телефона	Замер, полученный ДРБП-03, мкЗв/ч		
		В стационарном режиме	В режиме входящего звонка	В режиме исходящего звонка
1	Samsung Galaxy S24	0,26	0,16	0,26
2	Samsung Galaxy S23	0,14	0,23	0,14
3	Xiaomi 13 Pro	0,13	0,19	0,15
4	Xiaomi Redmi 12 Pro	0,17	0,27	0,14
5	Iphone 15 Pro	0,17	0,24	0,22
6	Vivo X90Pro	0,20	0,24	0,16

Для визуального сравнения мобильных излучений ранее приведенных моделей телефонов представлен рисунок 1.

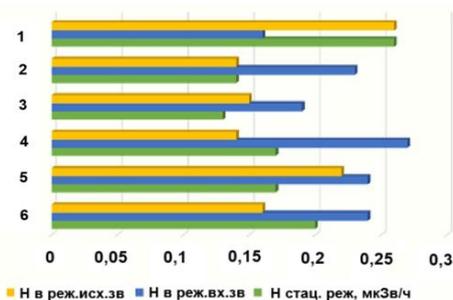


Рисунок 1 – График сравнения ионизирующего излучения телефонов

Уровень радиации, производимой мобильными телефонами, вызывает значительный интерес в научных кругах и среди пользователей. Согласно рекомендациям Международной комиссии по радиационной защите (ICRP) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), радиационный фон, находящийся в пределах 0,1-0,2 мкЗв/ч (10-20 мкР/ч), считается естественным и нормальным. Диапазон 0,2-0,6 мкЗв/ч (20-60 мкР/ч) классифицируется как допустимый уровень, а значения свыше 0,6-1,2 мкЗв/ч (60-120 мкР/ч) оцениваются как повышенные, но не критически опасные [7].

### **Обсуждение научных результатов**

Наибольшее излучение мобильный телефон генерирует в момент установления соединения. Это связано с тем, что устройство в этот период работает на максимальной мощности, чтобы связаться с ближайшей базовой станцией. В процессе самого разговора мощность снижается, особенно если базовая станция расположена поблизости. Частое расположение станций снижает необходимость работы телефона на максимальной мощности, что значительно уменьшает радиационную нагрузку как от телефона, так и от базовых станций.

Для оценки безопасности мобильных телефонов часто используются данные научных исследований. Например, Государственная токсикологическая программа США (NTP) провела масштабный эксперимент, в рамках которого лабораторные мыши подвергались воздействию радиочастотного излучения мощностью до 6 Вт/кг массы тела. Этот уровень существенно превышает допустимые нормы для человека. У некоторых животных при таких условиях наблюдались изменения, включая развитие опухолей мозга и сердца. Однако важно подчеркнуть, что уровень излучения в этом эксперименте значительно превосходит мощность радиосигналов, генерируемых мобильными телефонами.

Для сравнения: если перевести экспериментальные значения на взрослого человека, мощность излучения составила бы порядка 400 Вт, что многократно превышает показатели современных мобильных устройств. В реальных условиях даже при максимальных нагрузках телефоны работают на уровнях, которые в разы ниже, чем использованные в эксперименте, и строго соответствуют установленным международным стандартам безопасности.

Дополнительно, результаты исследований подтверждают, что радиочастотное излучение, создаваемое мобильными устройствами, находится в пределах естественного радиационного фона, характерного для окружающей среды. Уровень этого излучения не достигает значений, которые могли бы вызвать ионизацию или возбуждение атомов и молекул в биологических тканях. Таким образом, современные мобильные телефоны нельзя считать значимым фактором риска для здоровья человека в контексте развития опухолей или других серьезных заболеваний, связанных с радиационным воздействием. Все данные подтверждают, что использование современных телефонов безопасно при соблюдении рекомендаций производителей [9, 10].

### **Заключение**

Среди протестированных устройств наибольшее излучение зарегистрировано у моделей Samsung Galaxy S24 и Vivo X90Pro, однако их показатели остаются в пределах допустимых норм. Это означает, что даже при максимальной нагрузке их излучение не представляет значительной угрозы для здоровья пользователя.

Для снижения потенциальных рисков следует придерживаться следующих правил:

Использование гарнитуры или громкой связи. Это позволяет уменьшить контакт головы и тела с излучением, поскольку телефон находится на расстоянии от пользователя.

Избегание ношения телефона близко к телу. Не рекомендуется носить устройства в карманах одежды, особенно в области груди или тазовой зоны.

Ограничение длительных разговоров при слабом сигнале. Когда сигнал сети слабый, телефон автоматически увеличивает мощность передатчика, что приводит к росту уровня излучения.

Выбор телефонов с низким уровнем SAR. SAR (Specific Absorption Rate) – это показатель уровня поглощения энергии тканями тела. Рекомендуется выбирать устройства с минимальным значением SAR, которое указывается в технической документации.

Современные мобильные телефоны, при соблюдении правил эксплуатации, не представляют значительной опасности для здоровья. Однако внимательное отношение к

выбору устройства и соблюдение рекомендаций по его использованию помогут минимизировать возможные риски, связанные с радиационным воздействием.

### Список литературы

1. Семенов Я.П. Польза и вред мобильных телефонов / Я.П. Семенов, Л.Х. Токарева // Юный ученый. – 2021. – № 3.1(44.1). – С. 65-68. URL: <https://moluch.ru/young/archive/44/2478/> (дата обращения: 28.11.2024).
2. Futak D.S. Comparative Analysis of Radiation Emissions from Smartphones and Landline Telephones: Implications for Cancer and Medical Conditions [Электронный ресурс] / D.S. Futak, P. Wankhede // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). – 2021. – Режим доступа: <https://www.ijraset.com>, свободный. – (Дата обращения: 11.11.2024).
3. Радиация, излучаемая мобильными телефонами // Guru.ua. — URL: <http://enc.guru.ua> (дата обращения: 10.11.2024).
4. New Study on 5G vs 4G Radiation Exposure: Higher Real-World Exposure from 5G Phones [Электронный ресурс] // Environmental Health Trust. – 2023. – Режим доступа: <https://ehtrust.org>, свободный. – (Дата обращения: 17.11.2024).
5. How Much Radiation is Emitted by Popular Smartphones? [Электронный ресурс] // Visual Capitalist. – 2022. – Режим доступа: <https://www.visualcapitalist.com>, свободный. – (Дата обращения: 07.11.2024).
6. Публикация 103 МКРЗ. Рекомендации 2007 года Международной комиссии по радиационной защите. – Москва: Изд-во ОФЭКТ ПКФ «Алана», 2009. – 312 с.
7. Comparison of Nokia, Samsung, and Sony Mobile Phones in the Specific Absorption Rate of Head Induced to Electric Field [Электронный ресурс] // International Journal of Medical Research & Health Sciences (IJMRHS). – 2019. – Режим доступа: <https://www.ijmrhs.com>, свободный. – (Дата обращения: 20.10.2024).
8. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных / С.П. Ярмоненко. – Москва: Высшая школа, 1988. – 500 с.
9. Das S. Specific Absorption Rate (SAR) Assessment of Mobile Handsets / S. Das, R. Ghosh // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2021.
10. Власов А.В. Радиационная безопасность мобильных устройств / А.В. Власов. – Москва: ТехноПресс, 2022. – 256 с.

### References

1. Semenov YA.P. Pol'za i vred mobil'nykh telefonov / YA.P. Semenov, L.KH. Tokareva // Yunyi uchenyi. – 2021. – № 3.1(44.1). – S. 65-68. URL: <https://moluch.ru/young/archive/44/2478/> (data obrashcheniya: 28.11.2024). (In Russian).
2. Futak D.S. Comparative Analysis of Radiation Emissions from Smartphones and Landline Telephones: Implications for Cancer and Medical Conditions [Ehlektronnyi resurs] / D.S. Futak, P. Wankhede // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). – 2021. – Rezhim dostupa: <https://www.ijraset.com>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 11.11.2024). (In English).
3. Radiatsiya, izluchaemaya mobil'nymi telefonami // Guru.ua. — URL: <http://enc.guru.ua> (data obrashcheniya: 10.11.2024). (In Russian).
4. New Study on 5G vs 4G Radiation Exposure: Higher Real-World Exposure from 5G Phones [Ehlektronnyi resurs] // Environmental Health Trust. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://ehtrust.org>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 17.11.2024). (In English).
5. How Much Radiation is Emitted by Popular Smartphones? [Ehlektronnyi resurs] // Visual Capitalist. – 2022. – Rezhim dostupa: <https://www.visualcapitalist.com>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 07.11.2024). (In English).
6. Publikatsiya 103 MKRZ. Rekomendatsii 2007 goda Mezhdunarodnoi komissii po radiatsionnoi zashchite. — Moskva: Izd-vo OFEHKT PKF «AlanA», 2009. – 312 s. (In Russian).
7. Comparison of Nokia, Samsung, and Sony Mobile Phones in the Specific Absorption Rate of Head Induced to Electric Field [Ehlektronnyi resurs] // International Journal of Medical Research & Health Sciences (IJMRHS). – 2019. – Rezhim dostupa: <https://www.ijmrhs.com>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 20.10.2024). (In English).

8. Yarmonenko S.P. Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh / S.P. Yarmonenko. – Moskva: Vysshaya shkola, 1988. – 500 s. (In Russian).
9. Das S. Specific Absorption Rate (SAR) Assessment of Mobile Handsets / S. Das, R. Ghosh // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2021. (In English).
10. Vlasov A.V. Radiatsionnaya bezopasnost' mobil'nykh ustroystv / A.V. Vlasov. – Moskva: TekhnOPress, 2022. – 256 s. (In Russian).

**Е.Н. Мясоедова\*, Ж.К. Алдажуманов, Д.В. Мясоедов, А.Н. Шалаганова, А.Е. Сатыбалдинова**

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071410, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20А  
\*e-mail: Kate\_white89@mail.ru

## **ТЕЛЕФОН ТҮРЛІ МҮЛГІЛЕРІНІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ РАДИАЦИЯСЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ**

*Мақала әртүрлі ұялы телефон үлгілерінен келетін радиациялық сәулеленуді салыстырмалы талдауға арналған. Зерттеудің мақсаты сәулелену деңгейлерін анықтау, сондай-ақ олардың халықаралық стандарттарда белгіленген рұқсат етілген нормаларға сәйкестігі болып табылады. Жұмыс аясында әр модельдің сәулелену қарқындылығын бағалауға, сондай-ақ рұқсат етілген шекті мәндерден ықтимал ауытқуларды анықтауға мүмкіндік беретін дозиметриялық өлшеулер жүргізілді. Телефондарды салыстыру белгілі бір сіңірілген қуат мөлшері (SAR) және иондаушы сәулелену деңгейі сияқты негізгі көрсеткіштер бойынша жүргізілді. Нәтижелердің дәлдігі мен қайталануын қамтамасыз ету үшін өлшеу әдістемесіне ерекше назар аударылады. Сонымен қатар, мақалада сәулелену деңгейіне әсер ететін факторлар қарастырылады, мысалы, телефондардың дизайн ерекшеліктері, жиілік диапазондары және жұмыс жағдайлары. Жоғарыда келтірілген талдау құрылғылардың техникалық сипаттамалары мен олардың радиациялық қауіпсіздігі арасындағы заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Алынған мәліметтер тек соңғы пайдаланушылар үшін ғана емес, сонымен қатар қауіпсіз құрылғылар жасауға ұмтылатын өндірушілер үшін де пайдалы болуы мүмкін. Жұмыс халықты ұялы телефондардың сәулеленуіне байланысты ықтимал қауіптер туралы хабардар етудің маңыздылығын көрсетеді және оларды азайту үшін практикалық нұсқаулар береді.*

**Түйін сөздер:** телефондық сәулелену, иондаушы сәулелену, теріс әсер ету, дозиметрия, рұқсат етілген нормативтер.

**E. Myassoedova\*, J. Aldazhumanov, D. Myassoedov, A. Shalaganova, A. Satybaldinova**

University named after Shakarim of Semey,  
071410, RK, Semey city, Glinki street 20A  
\*e-mail: Kate\_white89@mail.ru

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF RADIATION RADIATION OF VARIOUS TELEPHONE MODELS**

*The article is devoted to the comparative analysis of radiation radiation that comes from various models of mobile phones. The purpose of the study is to determine the radiation levels, as well as their compliance with acceptable standards established by international standards. As part of the work, dosimetric measurements were carried out to assess the radiation intensity of each model, as well as to identify possible deviations from the maximum permissible values. The phones were compared according to key indicators, such as the amount of specific absorbed power (SAR) and the level of ionizing radiation. Special attention is paid to the measurement methodology to ensure the accuracy and reproducibility of the results. Additionally, the article discusses factors affecting the radiation level, such as the design features of phones, frequency ranges and operating conditions. The above analysis allows us to identify patterns between the technical characteristics of devices and their radiation safety. The data obtained can be useful not only for end users, but also for manufacturers seeking to create more secure devices. The work highlights the importance of informing the public about the potential risks associated with mobile phone radiation and offers practical recommendations to minimize them.*

**Key words:** phone radiation, ionizing radiation, the negative effects, dosimetry, acceptable norms.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Екатерина Николаевна Мясоедова\*** – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: Kate\_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

**Жан Касенович Алдажуманов** – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: jean1974@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>.

**Дмитрий Викторович Мясоедов** – техника ғылымдарының магистрі, «IT технологиялық» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

**Алмагуль Ныгметовна Шалаганова** – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: shalaganova\_alma@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5592-3392>.

**Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова** – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

#### Сведения об авторах

**Екатерина Николаевна Мясоедова\*** – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: Kate\_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

**Жан Касенович Алдажуманов** – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: jean1974@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>

**Дмитрий Викторович Мясоедов** – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «IT технологий»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

**Алмагуль Ныгметовна Шалаганова** – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: shalaganova\_alma@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5592-3392>.

**Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова** – магистр технических наук, преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

#### Information about the authors

**Ekaterina Nikolaevna Myassoedova\*** – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: Kate\_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

**Zhan Kasenovich Aldazhumanov** – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: jean1974@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>.

**Dmitry Viktorovich Myassoedov** – Master of of technical sciences, senior lecturer «IT technologies»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

**Almagul Nygmetovna Shalaganova** – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shalaganova\_alma@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5592-3392>.

**Aigerim Erkenovna Satybaldinova** – Master of of technical sciences, lecturer «Technical physics and thermal power engineering »; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

*Поступила в редакцию 02.12.2024  
Поступила после доработки 18.12.2024  
Принята к публикации 20.12.2024*