

Предотвращение Потерь С Помощью Кодирования Сигнала В Волоконно-Оптических Линиях Связи.

Халилов Мухаммадмусо Мухаммадюнович

Ферганский государственный технический университет

E-mail: musohon0786@gmail.com

Аннотация

В данной статье представлены методы снижения вероятности потерь сигнала на оптоволоконных линиях связи. В настоящее время важным фактором является развитие передачи данных по оптическим волокнам без потерь сигналов. В последнее время во всем мире проводится множество научных работ в этой области. Авторы статьи проанализировали способы предотвращения потерь оптических сигналов и способы снижения вероятности потерь в оптической системе передачи данных. В ней также рассмотрены факторы, влияющие на надежность непрерывной оптической системы передачи данных, и сделаны соответствующие выводы. Ключевые слова: оптическое волокно, макро- изгиб, цифровые сигналы, временная диаграмма, прозрачность окна, отравление, устройство DWDM (плотное мультиплексирование с разделением длины волны).

Ключевые слова: оптическое волокно, макро изгиб, микро изгиб, цифровые сигналы, временная диаграмма, окно прозрачности, исчезновение, устройство DWDM (плотное мультиплексирование с разделением длин волн).

Введение

Сегодня использование информации приводит к увеличению спроса на защиту. В FL (оптоволоконных линиях) существуют различные методы защиты данных. Есть много факторов, вызывающих потери в оптоволокне. Потеря сигнала может быть вызвана многими факторами. Сигнал, передаваемый по системе FDTOL (ВОЛП), распространяется по закону полного внутреннего отражения, FDTOL (ВОЛП) имеет высокую степень защиты. Однако ОВ (оптическое волокно) имеет затухание, которое происходит по целому ряду причин: френелевское отражение, удельное поглощение, поглощение, излучение в микро- и макро изгибах и многое другое. Микроскопия — это микроскопическое изменение геометрии сердцевинки волокна во время производственного процесса. Микро изгиб возникает из-за того, что сердечник расположен не в центре обшивки [4]. Микро изгибы увеличивают потери сигнала в кабеле. Эти потери могут быть разными и в некоторых случаях могут превышать 100 дБ/км. Минимально допустимый радиус изгиба волокна 10 см. При таком изгибе световые импульсы распространяются с меньшими искажениями. Уменьшение радиуса изгиба увеличивает эффект рассеяния оптических импульсов через оболочку волокна. Несовершенство производимого оптического волокна, изменение геометрии волокна приводят к тому, что волокна не свариваются легко, быстро и качественно. Причинами потерь при сварке, соединении волокон являются: несоответствие размеров сердцевин волокон, дифференциация показателей преломления волокон, непересечение волокон продольных осей при соединении, дифференциация угловых отверстий волокон, образование пузырьков воздуха из-за неплотного соединения волокон [3]. Все эти факторы увеличивают затухание, потери оптических сигналов.

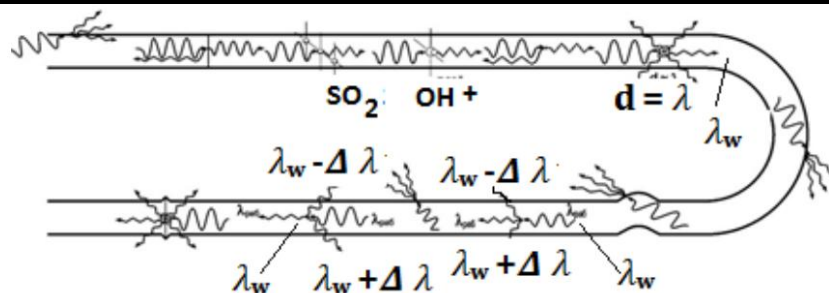
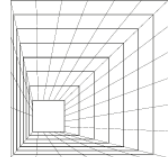


Рис. 1. Факторы, вызывающие потерю сигнала в оптических волокнах

Концепция волоконно-оптической линии передачи (ВОЛП) – коллекторная. В его состав входят оптоволоконные кабели, приемники, передатчики оптических сигналов, регенераторы и другие устройства. Каждый из компонентов может быть источником несанкционированного доступа [3]. При передаче информации по оптическим волокнам используется метод интенсивной оптической модуляции. В этом случае сигналы 0 и 1 передаются на основе изменения оптической мощности лазера. Если оптический сигнал, передаваемый по оптоволокну, по каким-либо причинам потерян, восстановить сигнал практически невозможно как видно из рисунка выше, оптические сигналы передаются последовательно цифровыми сигналами. В современных системах связи сигналы передаются последовательно, двунаправленным (двусторонним) одиночным по волокну.

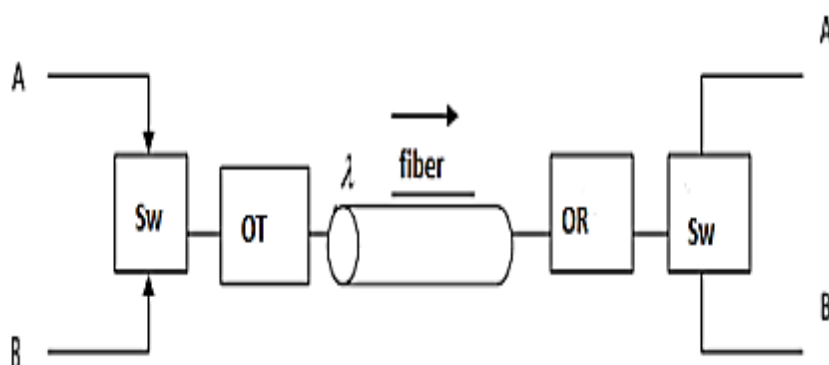


Рис. 2. Однонаправленная оптическая сеть передачи.

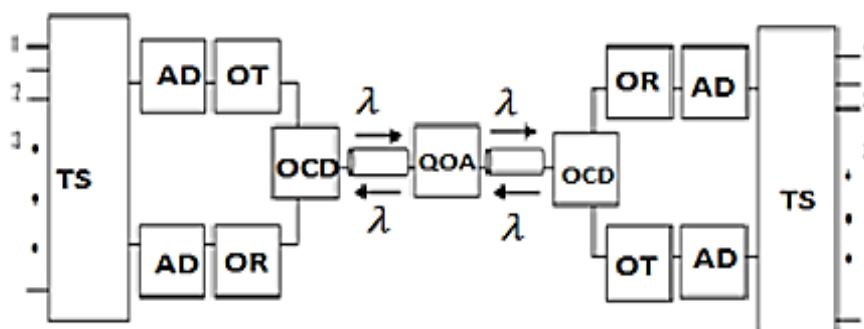


Рис. 3. Передача двусторонних сигналов по одному волокну.

Предотвращение потери оптических сигналов из-за указанных выше потерь является одним из важных вопросов. В этом случае используется принцип разделения цифровых сигналов на 2 или использования 2 волокон.

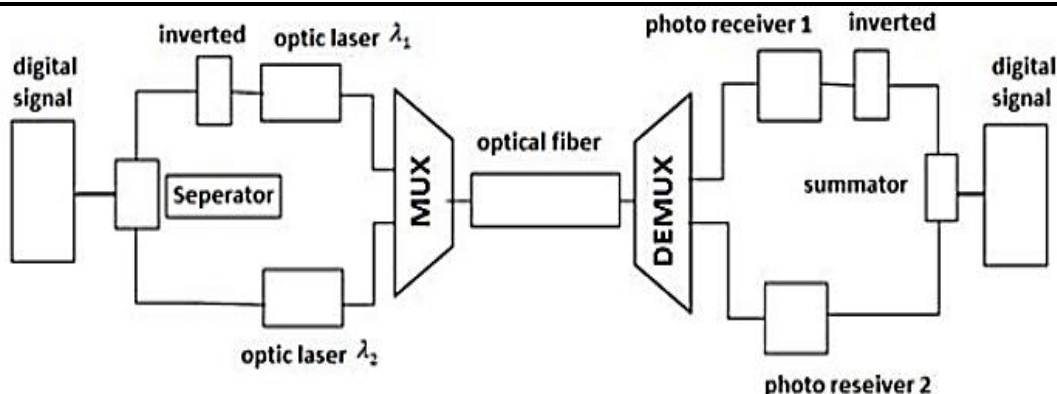
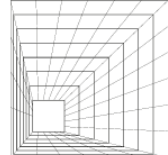


Рис. 4. Принципиальная схема передачи цифровых сигналов по 2 оптическим волокнам.

Цифровые сигналы нуля и 1, поступающие от цифрового устройства, разделяются с помощью разветвителя и сигналы 1 подаются на оптический лазер 12, а сигналы 0 проходят через инвертор и преобразуются в сигналы логической 1, затем на оптический лазер 11. преобразует его в оптические сигналы. Оптические сигналы поступают на входное оптоволокно с помощью мультиплексорного устройства. Обратный процесс выполняет приемная часть. Наша главная цель — иметь возможность восстанавливать переданные оптические сигналы относительно друг друга. А — цифровые сигналы, передаваемые по координатной оси (x). В — сигналы после инвертора для нулей цифровых сигналов, передаваемых по координатной оси В, сигналы логической «1» — по координате С. В приемной системе сумматор проверяет точность поступающих сигналов. Например, если сигналы оптического лазера 12 потеряны, он восстанавливается на основе сигналов оптического лазера 11. Кроме того, при передаче оптических сигналов на большие расстояния возникают шумовые сигналы, генерируемые в оптическом волокне, и искажение оптических сигналов под действием дисперсии. В результате синхронизации сигналов можно будет выделять из них полезные сигналы, отличая их друг от друга [2]. Но этот метод также может обеспечить информационную безопасность в оптических волокнах. Для этого можно создать таблицу на основе следующей логической таблицы 1.

Таблица 1. Логическая таблица

X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

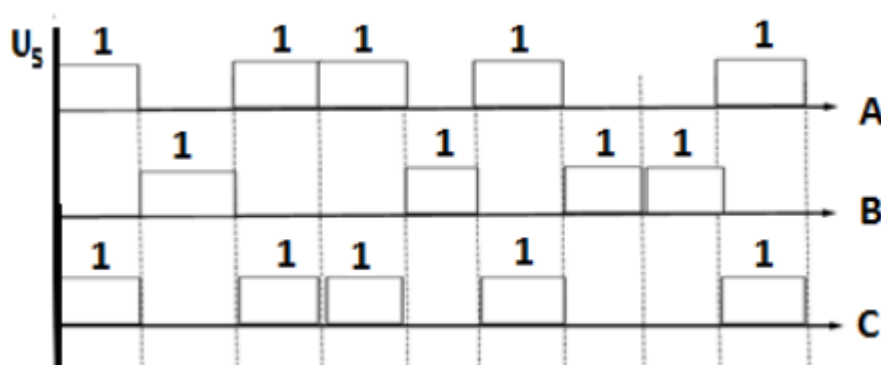
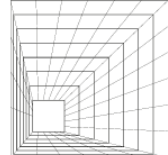


Рис. 5. Временная диаграмма разделения оптического сигнала.

Цифровые сигналы 0 и 1 генерируются и передаются на основе приведенной выше таблицы. В принимающей системе эта логическая сумма восстанавливается также на основе таблицы [1]. DWDM (плотное мультиплексирование с разделением по длине волны) широко используется в современных оптических сетях. Устройство DWDM (плотное мультиплексирование с разделением по длине волны) мультиплексирует до 40 оптических сигналов по длине волны. Через эти каналы мы сможем создать 20 каналов. В DWDM (плотное мультиплексирование с разделением по длине волны) мы можем скрыть полезные сигналы, случайным образом назначая пары каналов.

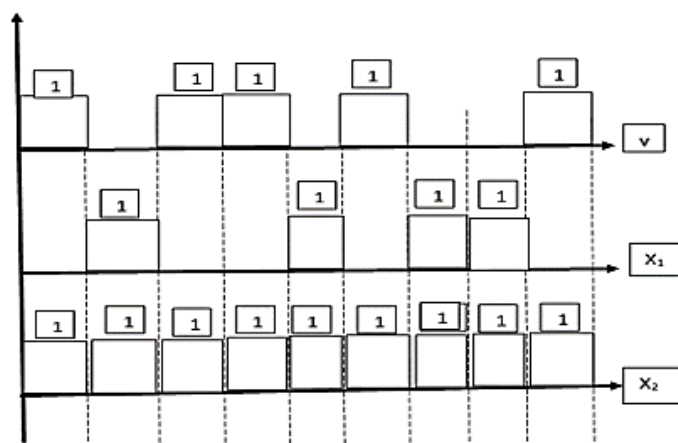


Рис. 6. Временная диаграмма информационной безопасности оптоволокна.

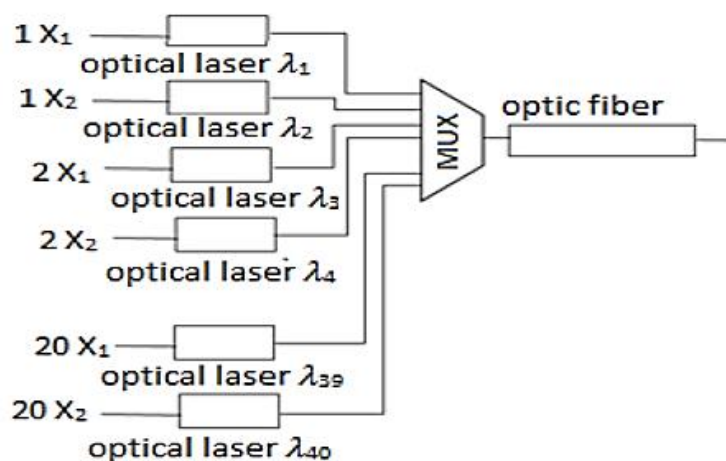
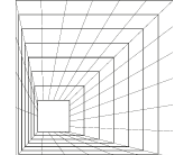


Рис. 7. Временная диаграмма информационной безопасности оптоволокна.



Обсуждение

Результаты показывают, что помехоустойчивое кодирование является эффективным инструментом для снижения потерь в ВОЛС. Однако внедрение кодов более высокого порядка требует вычислительных ресурсов и увеличивает задержку передачи данных. Поэтому в практических системах используется компромисс между скоростью и надежностью.

Для магистральных сетей передачи, данных (DWDM, OTN) рекомендуется использовать Турбо-коды или LDPC-коды, обеспечивающие высокую коррекционную способность при незначительном увеличении латентности. Для коротких каналов (FTTx, PON) более эффективны коды Рида-Соломона, так как они проще реализуются и обеспечивают достаточную устойчивость при меньшей вычислительной нагрузке.

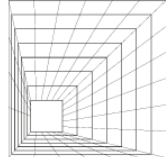
Кроме того, совместное использование кодирования и оптической компенсации дисперсии (DCF) позволяет добиться совокупного снижения BER более чем в 3 раза без увеличения энергетических затрат.

Заключение

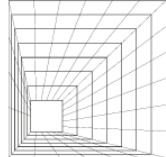
1. Потери сигнала в ВОЛС обусловлены совокупностью факторов — затуханием, дисперсией и шумами фотоприёмников.
2. Применение кодирования значительно снижает BER и повышает устойчивость передачи без увеличения мощности источника.
3. Наиболее эффективным методом предотвращения потерь является адаптивное кодирование с выбором алгоритма в зависимости от условий линии.
4. Для дальнейших исследований целесообразно интегрировать кодирование с методами оптической регенерации и интеллектуального управления каналом.

Список литературы

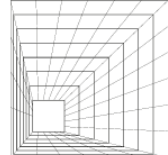
1. Tojiboev, I., Rayimjonova, O. S., Iskandarov, U. U., Makhammadjonov, A. G., & Tokhirova, S. G. (2022). Analysis of the flow of information of the physical level of internet services in multiservice networks of telecommunications. *Мировая наука*, (3 (60)), 26-29.
2. Rayimjonova, O. S. (2022). Investigation of cluster-type inhomogeneity in semiconductors. *American Journal Of Applied Science And Technology*, 2(06), 94-97.
3. Rayimjonova, O. S., & Toshpulatov, S. M. (2025). Flyugerlar uchun burchakli siljish o 'zgartirgichlarini tahlil qilish va zamonaviy nanolitografik texnologiya tamoyillari. *Строительство и образование*, 4(3), 185-192.
4. Rayimjonova, O. S., & Nurdinova, R. A. (2024). Boshqarish va nazorat qilish sistemalari uchun issiqlik o 'zgartirgichlarni tadqiq qilish. *Al-Farg'oniy avlodlari*, (2), 152-157.
5. Райимжонова, О. (2023). Оптоэлектронное измерение сильных токов и сильных магнитных полей. *Engineering problems and innovations*, 1(1), 35-38.
6. Райимжонова, О. С., Эргашев, Ш. У., & Тиллабоев, М. Г. Арсенид галлийли афн-элементлар. *Журнали*, 234.
7. Райимжонова, О. С., Тажибаев, И. Б., & Тошпулатов, Ш. М. (2021). Телевизион тасвир сигналлари спектрини зичлаш (сикиш) усуллари тахлили. *Scientific progress*, 2(6), 235-244.
8. Sodiqovna, R. O., & Abdivositovich, T. B. (2022, September). Development Of A Photoelectric Device for Obtaining an Electrostatic Field Under the Influence of Light Currents. In *2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)* (pp. 1-3). IEEE.
9. Nurdinova, R., Rayimjonova, O., Djalilov, B., & Iskandarov, U. (2024, March). Determination of the near areas of micro parameters for anomalous photo voltage elements. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1, p. 020002). AIP Publishing LLC.



10. Rayimjonova, O. S., Yuldashev, K. T., Ergashev, U. S., & Jurayeva, G. F. (2020). LR Dalibekov Photo Converter for Research of Characteristics Laser IR Radiation. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 7(2), 12788-12791.
11. Sodiqovna, R. O., & Umarovich, I. U. (2023). Research of a multi-stage receiver of a laser microphone. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 14, 240-244.
12. Rayimjonova, O. S., Jorayev, N. M., & Valitov, E. A. (2022). Teletibbiyot infokommunikatsiya tizimini ishlab chiqish imkoniyatlari tadqiqi. *Scientific progress*, 3(1), 487-494.
13. Rayimjonova, O. S., Iskandarov, U. U., & Ro'zaliyev, M. X. (2024). Texnika yo'nalishlari uchun zamonaviy kredit tizimi sharoitida" robototexnika texnologiyalari" ga oid mavzularda talabalarning mustaqil ishlarini tashkil qilish tahlilari. *Развитие и инновации в науке*, 3(5), 124-129.
14. Rayimdjanova Odinakhon Sadikovna, Usmonali Umarovich Iskandarov, & Orifjonova Mohidil Oqiljon qizi. (2023). Analyses of Base of the Development and Organize of the Digital Television Format. *Eurasian Journal of Media and Communications*, 16, 1–5. Retrieved from
15. Ergashev, S. U., & Tillaboyev, M. G. (2025). Аномально высокий диотовольтаический эффект в тонких пленках арсенид-галлия. *Строительство и образование*, 4(3), 179-184.
16. Muxiddinjon, T. (2024). Pillani namligini o 'Ichishning optoelektron qurilmasi. *Al-Farg'oniya avlodlari*, (4), 189-192.
17. .Кулдашов, О., & Тиллабоев, М. (2023). Контроль качества и прогнозирование срока службы ик-светодиодов. *Engineering problems and innovations*, 1(2), 3-10.
18. Komilov, D. R., & Tajibayev, I. B. (2023). Improving the use of virtual lan (vlan) technology. *Web of Discoveries: Journal of Analysis and Inventions*, 1(7), 6-11.
19. U.U.Iskandarov. (2022). Analyzes the meaning of the application testing software of the fibre optical systems. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2(12), 121–124. <https://doi.org/10.37547/ijasr-02-12-17>
20. 21.Umarovich, I. U., Mukhammadyunusovich, K. M., Rustambekovich, D. L., & O'G'Li, N. RM (2020). Methods of reducing the probability of signal loss on optical fiber communication lines. *Science, technology and education*,(6 (70)), 27-31.
21. Komilov, A. O. (2018). Power of network photoelectric power stations.
22. O'G'Li, K. A. O. (2024). Nur diodlarining ulanish sxemalari va ishlash rejimlari. *Al-Farg'oniya avlodlari*, (2), 318-321.
23. Khalilov, M. M. (2023). Effect of Heat Treatment on the Photosensitivity of Polycrystalline PbTe Films AND PbS. *Al-Farg'oniya avlodlari*, 1(4), 218-221.
24. Muxammadyunusovich, X. M., Rustamovich, D. L., & Qizi, M. R. A. (2024). Optik tolalarda signallarni yo 'qolishini oldini olish va axborot xavfsizligi ta'minlash. *Al-farg'oniya avlodlari*, (2), 129-131.
25. 26.Jo'rayev, N. (2023). Ta'lim jarayonlari raqamli transformatsiyasining moxiyati va ahamiyati. *Engineering problems and innovations*.
26. Mamatovich, J. N. (2017). 5. 2. Analysis of some linear-electrical filters in opto-electric of the telecommunication networks. *Computational nanotechnology*, (2), 102-106.
27. 28.Toshpulatov, S. M. (2021). Analysis of fiber-optic sensors for diagnostics and monitoring of electrical equipment. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(3), 858-863.



28. ogli Komilov, A. O., Toshpulatov, S. M., Dadabaev, M. M., & Alimdjanov, D. B. An International Multidisciplinary Research Journal.
29. Onarqulov, K., Maxmudova, A., Toshpulatova, F., & Toshpulatov, S. (2025). Noinvaziv usulda mieloblast hujayralarni diagnostika qilish uchun optik raqamli tizim ishlab chiqish. *Engineering problems and innovations*, 3(3), 6-11.
30. 31. Rustambekovich, D. L. (2024). Paxtani birlamchi qayta ishlash jarayonida kuchli elektrostatik maydonlarni yaratish uchun muqobil energiya manbalaridan foydalanish imkoniyati. *Al-Farg'oniy avlodlari*, (2), 176-180.
31. 32. Muxammadyunusovich, X. M., Rustamovich, D. L., & Qizi, M. R. A. (2024). Optik tolalarda signallarni yo 'qolishini oldini olish va axborot xavfsizligi ta'minlash. *Al-Farg'oniy avlodlari*, (2), 129-131.
32. Rustambekovich, D. L. (2024). 5g tarmoqlarida massive mimo texnologiyasini joriy etishning tahlili. *Al-Farg'oniy avlodlari*, (4), 226-232.
33. Rustambekovich, D. L., & Umarali o'g'li, E. S. (2020). Application of IOT technology in providing population health during the Sars-Cov-2 pandemic. *International Journal of Human Computing Studies*, 2(5), 1-4.
34. Turgunov, B., Iskandarov, U., Dalibekov, L., & Jurayeva, G. (2024, March). Prospects for using alternative energy sources to generate high power electrostatic fields in the primary processing of raw cotton. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
35. Rayimdjanova Odinakhon Sadikovna, Usmonali Umarovich Iskandarov, & Orifjonova Mohidil Oqiljon qizi. (2023). Analyses of Base of the Development and Organize of the Digital Television Format. *Eurasian Journal of Media and Communications*, 16, 1-5. Retrieved from <https://geniusjournals.org/index.php/ejmc/article/view/3836>.
36. Umarovich, I. U., Mukhammadyunusovich, K. M., Rustambekovich, D. L., & O'G'Li, N. RM (2020). Methods of reducing the probability of signal loss on optical fiber communication lines. *Science, technology and education*, (6 (70))
37. Iskandarov, U. U. (2022). The Aspects of Solar and Geothermal Energy Conversion. *Eurasian Research Bulletin*, 15, 185-189.
38. Ergasheva, M. (2024). Problems of teaching phonetics of a foreign language at school. *Modern Science and Research*, 3(5).
39. Iskandarov, U. U., Ergasheva, M. F., & Madaminov, M. R. (2025). "O 'zbekiston pochta'si" aj Farg 'ona filialida "smart logistics" tizimini joriy qilish mexanizmlarini ishlab chiqish. *Строительство и образование*, 4(3), 248-252.
40. Makhmudov, I. A., & Yakubov, S. S. (2025). Методы преобразования цифрового сигнала в аналоговый сигнал. *Строительство и образование*, 4(3), 253-258.
41. Dalibekov, L., & Dalibekova, D. (2025). Telemedicine—a new direction in modern medicine. *Engineering problems and innovations*, 3(1), 30-35.
42. Saparbayev, R., Makhmudov, I., Tillaboev, M., & Vafoev, B. (2024, December). Modeling of Virus Spread Processes in Telecommunication Networks. In *Proceedings of the 8th International Conference on Future Networks & Distributed Systems* (pp. 1072-1077).
43. Райимжонова, О. С., Эргашев, Ш. У., & Тиллабоев, М. Г. Арсенид галлийли афн-элементлар. *Журнали*, 234.



44. Akhmedov, T., Otazhonov, S. M., Khalilov, M. M., Yunusov, N., Mamadzhanov, U., & Zhuraev, N. M. (2021, December). Effective dielectric permeability and electrical conductivity of polycrystalline PbTe films with disturbed stoichiometry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2131, No. 5, p. 052008). IOP Publishing.
45. Отажонов, С. М., Рахмонкулов, М. Х., Халилов, М. М., & Ботиров, К. А. (2024). Стабилизации тензочувствительности поликристаллических пленок pbs под действием лазерного облучения. *Journal of multidisciplinary bulletin*, 7(6), 121-130.
46. Madaminov, M. R. (2023). Experimental study of operating modes of an uninterruptible power supply source using a wind generator as the primary source. *International Journal of Advance Scientific Research*, 3(10), 125-131.
47. Madaminov, M. R., & Yuldashev, X. T. (2022). Inverter modeling in improving the energy efficiency of a mobile uninterrupted supply source. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2(11), 77-82. Madaminov, M. (2023, October). Study of the volt-ampere and spectral characteristics of
48. Хосилов, Д. Д., Мадаминов, М. Р., & Йулдашев, Х. Т. (2021). Исследование вольт–амперная характеристика в системе полупроводник– газоразрядный промежуток. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(10), 625-634