

**ОСНОВЫ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО ВИБРАЦИИ**

*Мирзаев Кахрамонжон Султонович – ст. преподаватель*

*[k.s.mirzayev@gmail.com](mailto:k.s.mirzayev@gmail.com)*

*Андижанский машиностроительный институт – Узбекистан,*

*г.Андижан, пр.Бабура-56*

**Аннотация:** в данной статье анализируются основы предупредительного технического обслуживания электрических машин по вибрации в автомобильной промышленности. В частности, рассматриваются источники и причины вибрации, разновидности вибрации, виброактивность и шум, причины их возникновения. Анализируются и предлагаются методы решения проблем обеспечения без шумного и надёжного функционирования электрических машин в зависимости от их типа, что непосредственно влияет на ресурс электрических машин, рентабельность производства, простой производственных машин и производительность оборудования.

**Ключевые слова:** шум, вибрация, подшипники скольжения, подшипники качения, ротор.

**THE BASICS OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF ELECTRIC MACHINES ON VIBRATION**

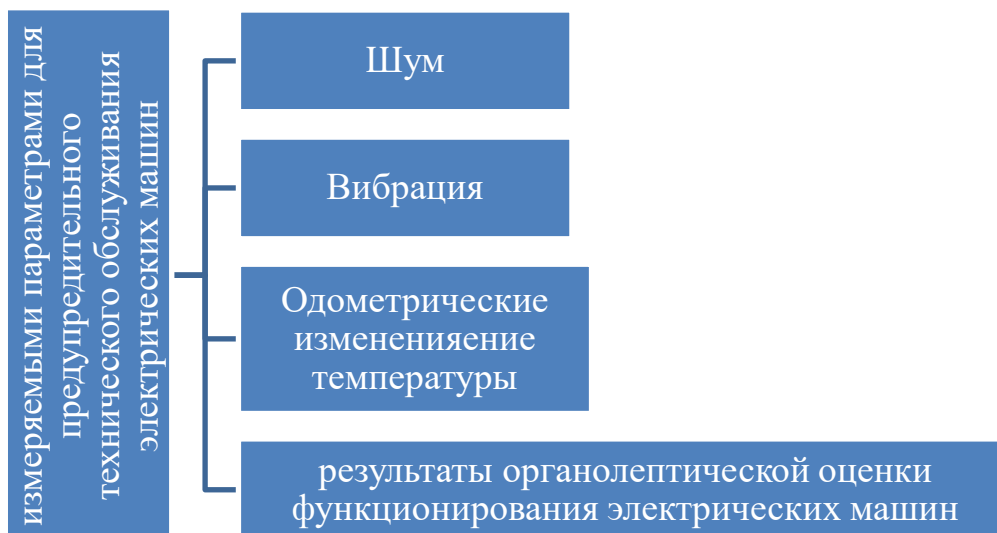
**Abstract:** This article analyzes the basics of preventive maintenance of electrical machines for vibration in the automotive industry. In particular, the sources and causes of vibration, types of vibration, vibration activity and noise, the reasons for their occurrence are considered. Methods for solving problems of ensuring the noisy and reliable functioning of electrical machines, depending on their type, are analyzed and proposed, which directly affects the resource of electrical machines, the profitability of production, the downtime of production machines and the performance of equipment.

**Key words:** noise, vibration, sleeve bearings, rolling bearings, rotor.

Основой современного производства являются электрические машины и вопросы обеспечения их надёжного функционирования являются значимыми для любого предприятия. Это касается автомобилестроения в особой мере, поскольку остановка даже менее чем на одну минуту для современного автозавода производственной мощностью 200 - 250 тысяч автомобилей в год влечет убытки суммой не менее 25 тыс. долларов США. Поэтому вопросы технического обслуживания электрических машин с оценочным определением их работоспособности являются весьма актуальными, и изучение факторов

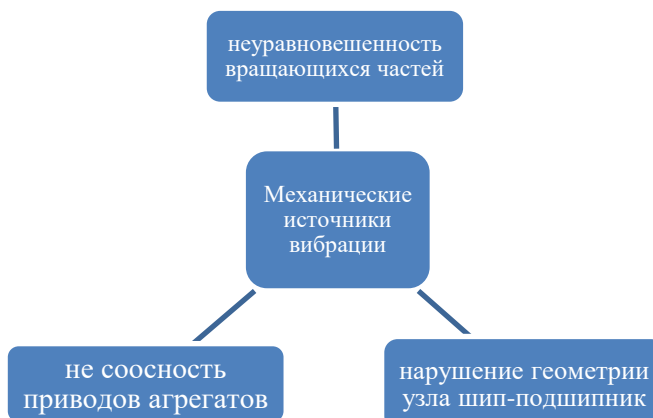
определяющих выбор методов и параметров измеряемых величин также представляет большой научный и практический интерес [1-5].

Основными измеряемыми параметрами для предупредительного технического обслуживания электрических машин могут быть:



Наиболее распространенными и простыми в осуществлении являются измерения показателей шума и вибрации. Правильный выбор методов и инструментов измерения зависит от природы появления шума и вибрации и потому требуется проведение исследования причин их появления и проявления в работе электрической машины. Электрическая машина представляет сложное сочетание взаимосвязанных колебательных систем с несколькими источниками возмущающих сил [6-10].

Источники возмущений, присущие электрическим машинам, можно разделить на три типа: механические, магнитные, аэродинамические. Механические источники вибраций обусловлены конструктивно-технологическими особенностями производства тех или иных типов машин.



Неуравновешенность ротора возникает вследствие несовпадения его главной центральной оси инерции с осью вращения. При вращении неуравновешенного ротора на его опоры действуют динамические силы, составляющие которых, лежащие в какой-либо плоскости, проходящей через ось вращения, изменяются с угловой скоростью вращения ротора. Причины появления неуравновешенности роторов могут быть очень разные [3].

Уменьшение уровня возмущений может быть достигнуто за счет уменьшения остаточной неуравновешенности. Однако невозможно полностью уравновесить ротор. Более того, для некоторых типов машин возможно появление неконтролируемой неуравновешенности. В этом случае используют специальные конструктивные мероприятия. Наиболее известными среди них являются следующие:

1. упругие опоры с линейными и нелинейными характеристиками;
2. упругодемпферные и демпферные опоры;
3. антивибраторы [11-14].

Упругие элементы, встраиваемые между ротором и корпусом машины, позволяют отстроить систему ротор-корпус от резонансных режимов и тем самым уменьшить передачу возмущающих сил на корпус и в конечном итоге на фундамент. Конструктивное выполнение упругих опор разнообразно. В качестве упругого элемента используются кольца, пластины, ленты, пружины и т.п.

Следует отметить, что применение упругих опор с линейной характеристикой позволяет смещать критические числа оборотов ротора из диапазона рабочих оборотов без конструктивной переделки самого ротора, без изменения его массы и массы всей машины.

Однако в этом случае диапазон рабочих оборотов, свободных от критических чисел, ограничивается минимально допустимой величиной жесткости опор. Это обстоятельство оказывается решающим для многорежимных машин, у которых большой диапазон изменения чисел оборотов. В отличие от линейных опор нелинейные опоры позволяют в общем случае уничтожать критические режимы [15-19].

Применение упругодемпферных и демпферных опор позволяет произвести отстройку от критических режимов и вместе с тем существенно ограничить уровень амплитуд колебаний ротора при переходе через критическую скорость. Общим недостатком упругодемпферных и демпферных опор жидкостного трения является сильная зависимость их свойств от вязкости демпфирующей жидкости, которая, в свою очередь, определяется тепловым режимом опоры. Если для демпфирования и смазки применять одну и ту же жидкость, что существенно упрощает конструкцию, то необходимо термостатировать подаваемую для демпфера жидкость.

Особенность применения демпферов сухого трения заключается в том, что в зависимости от величины возмущающей силы и угловой скорости опора сухого трения является абсолютно жесткой (демпфер «закрыт») или демпфирующей (демпфер «открыт»). Это можно использовать для уничтожения критических режимов. Демпфер сухого трения может устанавливаться в промежуточной или несущей опоре. У роторов двухполюсных турбогенераторов поперечное сечение обладает различными значениями главных моментов инерции. Это приводит к вибрациям двойной оборотной частоты. Для устранения этого недостатка выполняют в больших зубцах бочки ротора ряд прорезей или пазы. Кроме того, используют упруго демпферные опоры [20-23].

Подшипники качения могут являться источниками вибраций в широком диапазоне частот. Уровень возмущений, генерируемых подшипниками качения, зависит от: размеров, класса точности, скорости вращения ротора, нагрузки. При выборе типа подшипника необходимо учитывать, что уровень вибраций роликовых подшипников выше, чем у шариковых, на 5 и более dB, а виброактивность подшипников тяжелой серии выше, чем у подшипников средней серии. Существенными факторами, влияющими на виброактивность подшипников качения, являются их посадка в гнездо и на вал. Степень точности обработки посадочных мест должна отвечать качеству обработки колец подшипников. Эффективным средством снижения виброактивности подшипников качения является применение специальных виброизолирующих вкладышей. Природа возникновения вибраций в подшипниках качения очень сложна. Поэтому спектр вибраций широк. Он состоит как из дискретных составляющих, кратных частоте вращения ротора, так и зон сплошного спектра. Наличие таких зон обусловлено: перемещением тел качения в пределах зазоров; перемещениями сепараторов; соударением деталей подшипников; геометрическими погрешностями тел качения, внутреннего и наружного колец.

Существенным параметром, определяющим виброактивность подшипников качения, является радиальный зазор, в зависимости от величины которого могут возникать различные режимы.

На первом режиме динамическая нагрузка на подшипник от неуравновешенных центробежных сил инерции меньше, чем статическая нагрузка. В этом случае центр цапфы будет совершать качательные движения.

На втором режиме указанные силы равны друг другу. В этом случае амплитуда колебаний цапфы может увеличиваться и наступление этого этапа зависит не только от соотношения указанных сил, но и от величины зазора.

Второй этап вызывает повышенную виброактивность и преждевременный износ подшипников. Когда динамическая нагрузка превышает статическую,

происходит обкатывание цапфы, наступает третий режим работы подшипника [24-27].

Для уменьшения виброактивности подшипникового узла целесообразно применять вместо подшипников качения подшипники скольжения. В высокооборотных подшипниках масляный слой скольжения оказывает существенное влияние на динамику машины. Вследствие влияния масляной пленки действительная критическая скорость ротора может оказаться на 30-50% меньше расчетной на жестких опорах [28-32].

Наличие неконсервативных сил предопределяет возможность потери устойчивости ротора. Наиболее серьезной и частой причиной, вызывающей потерю устойчивости и появлению самовозбуждения, является действие смазочного слоя в подшипниках скольжения. Опасность объясняется тем, что интенсивность колебаний в этом случае велика, так как амплитуды часто превышают амплитуды резонансных колебаний, а в роторе возникают циклические напряжения. Кроме того, при самовозбуждении амплитуда колебаний шипа может достигать величин, соизмеримых с величинами зазоров в подшипниках, что может привести к повреждению вкладышей или заеданию в подшипнике.

Во всех типах электрических машин в той или иной степени проявляется магнитный шум. Сам принцип работы электрической машины таков, что он связан с возбуждением магнитных полей, которые и являются источниками вибраций и шума. При вращении зубчатого якоря в машинах постоянного тока происходит периодическое изменение магнитной проводимости воздушного зазора. Вместе с колебаниями магнитной проводимости колеблется и магнитная сила притяжения между полюсом и якорем. Возникновение магнитного шума в асинхронных и синхронных машинах переменного тока имеет много общего с машинами постоянного тока. Отличие заключается в том, что в машинах постоянного тока деформация статора возникает под действием сосредоточенных сил, а в машинах переменного тока - под действием синусоидально распределенных сил. Аэродинамический шум в электрических машинах создается в основном вращающимся ротором и крыльчаткой вентилятора. Шум создает в спектре шума электрической машины тональную составляющую, кратную числу лопаток вентилятора [33-36].

Таким образом, электрические машины имеют большое количество источников возмущающих сил, обладающих широким спектром. Но для целей измерений наиболее важное значение имеет низкочастотная часть спектра, характеризующая наибольшими уровнями вибраций [37-41].

## Литература

1. Насиров Илхам Закирович, & Кузиболаева Дилноза Тухтасиновна. (2022). РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ . *Journal of New Century Innovations*, 17(1), 119–120. Retrieved from <http://www.newjournal.org/index.php/new/article/view/876>
2. Насиров Ильхам Закирович, Зо'хриддинов Дилмуроджон Каримджон о'гли. (2022). АНДИЖОН ВИЛОАТИДА Ё'НАЛИШДАГИ ТАКСИЛАРНИНГ ИСЛАТИЛИШИ . *ЖУРНАЛ ИННОВАЦИЙ НОВОГО ВЕКА* , 7 (5), 94–101. Получено с <http://www.wsrjournal.com/index.php/new/article/view/1637>.
3. Насиров, И. З., Косимов, И. С., & Каримов, А. А. (2017). " Морфологик тахлил" методини қўллаб ўт олдириш свечасини такомиллаштириш. *Инновацион технологиялар*, (3 (27)), 74.
4. Насиров, И. З., & Гаффаров, М. Т. (2021). ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ПЛАТЕЖЕЙ В АВТОБУСАХ. *Естественнаучный журнал «Точная наука*, (117), 2-5.
5. Насиров И.З., Гаффаров М.Т. Присоединение Республики Узбекистан к Киотской конвенции // Процветание науки. 2021. №2 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prisoedinenie-respubliki-uzbekistan-k-kiotskoj-konventsii> (дата обращения: 06.12.2022).
6. Закирович Н.И., Муминович С.А., Мирзаахмадович Т.Ю., Тоштемирович Г.М. Испытания реактора подачи водорода и озона к двигателю внутреннего сгорания. *Международный журнал специального образования детей младшего возраста (INTJECSE) ISSN* , 1308-5581.
7. Насиров, И. З., & Юсупбеков, Х. А. (2020). Использование метода «Морфологический анализ» в усовершенствовании свечи зажигания. *Молодой ученый*, (43), 333.
8. Насиров Ильхам Закирович. (2022). МУСТАҚИЛ ИШЛАРНИ ТАШКИЛ ЭТИШНИНГ ШАКЛЛАРИ. *Конференц-зона* , 327–332. Получено с <http://www.conferencezone.org/index.php/cz/article/view/867>.
9. А.А.Хомидов . ХАВФСIZLIK YOSTIQCHASI TURLARI. “ИРТЕРНАУКА” Научный журнал, №22(198) Часть 5, 9-12 ст.
10. Хомидов, АА, Abdurasulov, MSh . YO'LOVCHI VA YUK TASHISH SHARTNOMASI VA UNING MAZMUNI, MONIYATI. “ИРТЕРНАУКА” Научный журнал, №45(221) Часть 3, 98-99 ст,
11. Хомидов, А.А., Abdirahimov, А.А. (2021). TRANSPORT LOGISTIKASIDA ZAHIRALAR VA OMBORLASHTIRISH. *Internauka*,(45-3) , 100-103.
12. Хомидов, АА, Сотиболдийев НМ (2022). ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛЕ. *Internauka*, №1(224) Часть 2, 73-76 ст.

13. НАСИРОВ, И. З. ., & Аббаов С. Ж. . (2022). ВОДОРОД ИШЛАБ ЧИҚАРИШ УСУЛЛАРИ ВА ИСТИҚБОЛЛАР. *Международный журнал философских исследований и социальных наук*, 99–103. Получено <http://ijpsss.iscience.uz/index.php/ijpsss/article/view/237>.

14. Nasirov Ilham Zakirovich, Sarimsaqov Akbarjon Muminovich, Teshaboyev Ulugbek Mirzaahmadovich, [Gaffarov Mahammatzokir Toshtemirovich. Tests of a reactor for supplying hydrogen and ozone to an internal combustion engine//](#) International Journal of Early Childhood Special Education (INT-JECSE) ISSN: 1308-5581. DOI 10.9756/INT-JECSE/V1413.693? Vol 14, Issue 03 2022, 5296-5300 p.

15. Nasirov Ilham Zakirovich, Rakhmonov Khurshidbek Nurmuhammad ugli, Abbasov Saidolimkhon Jaloliddin coals. Adding Hydrogen to the Fuel-Air Mixture in Engines// Eurasian Journal of Learning and Academic Teaching. ISSN: 2795-739X [www.geniusjournals.org](http://www.geniusjournals.org). JIF: 8.225. Volume 8| May 2022, p. 75-77.

16. Насиров И.З., Рахмонов Х.Н. Результаты стендовых испытаний электролизера//U55 Universum: технические науки: научный журнал. № 3(96). Часть 3. М., Изд. «МЦНО», 2022. – 72 с.– Электрон. версия печ. публ.– <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/396>.DOI-10.32743/UniTech.2022.96.3.13262. с. 34-36.

17. Сайидкамолов, И. Р. Исследование соответствия вместимости автобусов сложившемуся пассажиропотоку на маршруте № 21 общественного пассажирского транспорта г. Волгограда / И. Р. Сайидкамолов // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград, 26–30 апреля 2021 г.) : тез. докл. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.] ; ВолГТУ, Отд. координации науч. исследований молодых ученых УНиИ, Общество молодых ученых. - Волгоград, 2021. - С. 170.

18. Насиров Илхам Закирович, & Кузиболаева Дилноза Тухтасиновна. (2022). РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ . *Journal of New Century Innovations*, 17(1), 119–120. Retrieved from <http://www.newjournal.org/index.php/new/article/view/876>

19. Насиров Ильхам Закирович, Зо'хриддинов Дилмуроджон Каримджон о'гли. (2022). АНДИЖОН ВИЛОАТИДА Ё'НАЛИЩДАГИ ТАКСИЛАРНИНГ ИСЛАТИЛИШИ . *ЖУРНАЛ ИННОВАЦИЙ НОВОГО ВЕКА*, 7 (5), 94–101. Получено с <http://www.wsrjournal.com/index.php/new/article/view/1637>.

20. Махамматзокир Тоштемирович Гаффаров, & Анварбек Ахмаджон ўғли Хомидов. (2022). Регулирование Транспортных Поточков В Республике. Обеспечение Безопасности Дорожного Движения И Предотвращение Пробок. *Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and*

Humanities, 12, 73–78. Retrieved from <https://periodica.org/index.php/journal/article/view/268>

21. Гаффаров, М. Т., & ўғли Хомидов, А. А. (2022). Регулирование Транспортных Потокaв В Республике. Обеспечение Безопасности Дорожного Движения И Предотвращение Пробок. *Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and Humanities*, 12, 73-78. <https://periodica.org/index.php/journal/article/view/268>

22. Насиров И.З, Гаффаров М.Т.(2021). Присоединение Республики Узбекистан к Киотской конвенции. ПРОЦВЕТАНИЕ НАУКИ, № 2 (2) 25-33.

23. G.Komolova. “Diffrensial hisobning asosiy teoremalari.”. “SCIENCE AND EDUCATION” SCIENTIFIC JOURNAL. ISSN 2181-0842. VOLUME 2, ISSUE 10, OCTOBER 2021, 9-12 betlar, O‘zbekiston. 2021-yil,Oktabr.

24. Djalilova T., Komolova G “Solution of the energy equation of a two-phase medium taking into account heat transfer between phases”. INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN COMMERCE, IT, ENGINEERING AND SOCIAL SCIENCES, ISSN: 2349-7793 Impact Factor: 6.876., Volume: 16 Issue: 01 in January 2022, Hindiston, 70-bet. 2022 yil,Yanvar.

25. G.Komolova, Khalilov M, Komiljonov B., “Solve Some Chemical Reactions Using Equations”. European Journal of Business Startups and Open Society, Vol. 2 No. 1 (2022): EJBSOS ISSN: 2795-9228, 2022 y, 22.01, 45-bet. Belgiya,2022 yil, yanvar.

26. Djalilova T, Komolova G, Xalilov M., “О распространении сферической волны в нелинейно-сжимаемой и упругопластической средах”., Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences jurnali, 2022 yil, 16.03., VOLUME 2 | ISSUE 3 ISSN 2181-1784,Impact Factor SJIF 2022: 5.947, 87-bet., O‘zbekiston,2022 yil, Mart.

27. Rahmatullo Rafuqjon o‘g‘li Rahimov (2022). Avtomobil transportida tashuv ishlarini amalga oshirishda harakat xavfsizligini ta‘minlash uslublarini takomillashtirish yo‘llari. ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ, 750-754.

28. Rafuqjon o‘g‘li, R. R. (2022, December). TIRSAKLI VALLARNI TAMIRLASH ISTIQBOLLARI. In *Conference Zone* (pp. 333-342).

29. Махамматзокир Тоштемирович Гаффаров, & Анварбек Ахмаджон ўғли Хомидов. (2022). Регулирование Транспортных Потокaв В Республике. Обеспечение Безопасности Дорожного Движения И Предотвращение Пробок. *Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and Humanities*, 12, 73–78. Retrieved from <https://periodica.org/index.php/journal/article/view/268>

30. Гаффаров, М. Т., & ўғли Хомидов, А. А. (2022). Регулирование Транспортных Потокaв В Республике. Обеспечение Безопасности Дорожного



Движения И Предотвращение Пробок. *Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and Humanities*, 12, 73-78.

<https://periodica.org/index.php/journal/article/view/268>

31. Abdullayev, A., & Gaffarov, M. (2020). Synergetic Modeling of the Transportation Process in the Centers. *Bulletin of Science and Practice*, 6(3), 275-278.

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/52/32>

32. Gaffarov, M. (2020). Procedure for Collecting Fines From Drivers of Foreign Vehicles Violating Traffic Rules. *Bulletin of Science and Practice*, 6(11), 300-303.

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/60/37>.

33. Rahmatullo Rafuqjon o'g'li Rahimov (2022). Avtomobil transportida tashuv ishlarini amalga oshirishda harakat xavfsizligini ta'minlash uslublarini takomillashtirish yo'llari. ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ, 750-754.

34. Rafuqjon o'g'li, R. R. (2022, December). TIRSAKLI VALLARNI TAMIRLASH ISTIQBOLLARI. In *Conference Zone* (pp. 333-342).

35. Shodmonov, S. A. (2022). GLOBAL ELEKTR AVTOMOBILLARINI ISHLAB CHIQISH VA ELEKTR MASHINA ASOSLARI.

36. Shodmonov Sayidbek Abduvayitovich, Abbasov Saidolimxon Jaloliddin o'g'li, & Xomidov Anvarbek Axmadjon o'g'li. (2022). RESPUBLIKAMIZDA YUKLARNI TASHISHDA LOGISTIK XIZMATLARNI QO'SHNI RESPUBLIKALARDAN OLIB CHIQISH VA RIVOJLANTIRISH OMILLARI. *JOURNAL OF NEW CENTURY INNOVATIONS*, 9(1), 83-90. Retrieved from

<http://wsrjournal.com/index.php/new/article/view/1970>

37. Шодмонов, С. А. (2022). ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОСТАВНЫХ ТОПЛИВ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.

<http://wsrjournal.com/index.php/new/article/view/1972>

38. Shodmonov, S. A., & qizi Turg'unova, G. A. (2022). Railway Transport, its Specific Characteristics and Main Indicators. *Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and Humanities*, 12, 61-66.

39. B.B.Batirov, O. (2021). Content of pedagogical experience in the structure of physics teaching and methodological basis of its organization. *Academicia*, 422-427.

40. B.Batirov, A. S. (2019). DIFFERENTIAL LEARNING IN PHYSICS. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, Page 24-27.

41. To'yuchiyev.Sh.Sh, & A. (2022 g.30-aprel). BA'ZI NOAN'ANAVIY MASALALARNING YECHIMLARI. *Eurasian Journal of Mathematical Theory and Computer Sciences*, st: 65-68.