

ДЕФОРМИРОВАТЬ ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ ВИБРОИДЕНТИФИКАТОРА

Райимжонов Омадбек Улуғбек ўғли

Ассистент Андижанский Машиностроительный Институт

Аннотация: *Приведены результаты исследования глубины деформационного упрочнения (наклепа) при ударном нагружении колеблющегося индентора, не связанного жестко с концентратором.*

Ключевые слова: *индентор, деформационное упрочнение, энергия и сила удара, удар, глубина упрочнения, ультразвуковые колебания, предел текучести, интенсивность напряжений.*

Деформационное упрочнение поверхностного слоя деталей колеблющимся индентором относится к ударной упрочняющей чистовой обработке и является одним из эффективных способов повышения долговечности и эксплуатационной надежности ответственных изделий машиностроения.

В результате пластической деформации в поверхностном слое изделия формируются благоприятные сжимающие остаточные напряжения, увеличиваются степень и глубина упрочнения (наклепа), улучшается микропрофиль и снижается шероховатость обработанной поверхности. Эти характеристики качества поверхностного слоя, определяемые режимными и конструктивными параметрами деформирующего инструмента - индентора, а также физико-механическими параметрами обрабатываемого материала, значительно влияют на сопротивление усталости и несущую способность важнейших элементов конструкций, в особенности изделий, работающих в условиях воздействия переменных нагрузок.

Внедрение в промышленность и широкое применение методов поверхностного пластического деформирования (ППД) деталей из высокопрочных сталей и сплавов, применяемых в качестве финишных механических операций, доказывают их высокую надежность как технологического процесса, успешно конкурирующего с другими методами окончательной обработки. Надежность технологического процесса, оцениваемая вероятностью выполнения задания по обеспечению требуемых показателей качества поверхностного слоя изделий, совместно с технико-экономическими показателями (себестоимость, коэффициент загрузки оборудования и др.) составляют главный критерий выбора варианта, принимаемого для детальной разработки и реализации в производстве.

Наряду с традиционными и распространенными ППД (дробеструйным наклепом, обкатыванием шариком и роликом, виброобкатыванием) значительно повысился интерес и к высокоэнергетическим видам обработки

поверхности. К последним относится поверхностное упрочнение с помощью ультразвуковых колебаний [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Метод ультразвукового деформационного упрочнения осуществляют посредством множества стальных шариков, приводящихся в движение колеблющимися с ультразвуковой частотой ($f= 16$ кГц и более) стенками рабочей камеры специального ультразвукового устройства [18, 19, 20].

Передача ультразвуковой энергии в обрабатываемое изделие может осуществляться единичным деформирующим рабочим телом в виде индентора сферической формы (шариком из твердого сплава или стали ШХ15 твердостью 64 HRC) двумя способами. В первом – шарик жестко связан с торцевой поверхностью концентратора (излучателя). Акустический контакт создается вследствие прижатия всей акустической системы (генератор, магнитострикционный преобразователь и др.) к образцу с определенной силой. Второй способ отличается тем, что шарик свободно присоединяется к торцу излучателя и не имеет жесткой связи ни с образцом, ни с самим излучателем.

По аналогичной схеме контактного взаимодействия свободных шариков с упрочняемой поверхностью происходит и процесс виброударной обработки деталей [21], осуществляемый в камере виброустановки с частотой 50 Гц стальными закаленными шариками. Эффективность процесса виброударного упрочнения наряду с ультразвуковым деформационным упрочнением стимулирует поиск научно-обоснованных методов аналитического определения основных параметров качества поверхностного слоя, используемых на этапе проектирования технологического процесса. Расчетные данные по состоянию упрочненного поверхностного слоя служат основой для прогнозирования сопротивления усталости и долговечности деталей машин без проведения длительных и дорогостоящих экспериментальных исследований [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30].

В данной работе проведено аналитическое исследование глубины деформационного упрочнения поверхностного слоя изделия при ударном нагружении колеблющимся шариком, не связанным жестко с концентратором, что соответствует схемам обработки при ультразвуковом и виброударном упрочнении.

Метод ультразвукового упрочнения шариками основан на использовании мощных ультразвуковых колебаний. Под действием этих колебаний шарики приобретают значительную скорость и, ударяясь о поверхность детали, создают сжимающие напряжения, интенсивность которых превосходит предел текучести обрабатываемого материала ($\sigma_i > \sigma_T$). Последнее условие приводит к пластической деформации и последующему деформационному упрочнению поверхностного слоя, характеризующемуся глубиной h и степенью наклепа U .

Максимальное значение колебательной скорости, сообщаемой шариком концентратором, составляет

$$v = 2\pi fA, \quad (1)$$

где f - собственная частота магнитострикционного преобразователя, Гц;
 A - амплитуда колебания шарика или свободного конца концентратора.

Уравнение движения шарика в обрабатываемой среде (рисунок) упрощенно представлено в виде, предложенном В. Гольдсмитом:

$$m \frac{d^2 h}{dt^2} = -2\pi R \sigma_T h \quad (2)$$

где m , R - масса и радиус шарика соответственно;

h - координата, нормальная к плоскости обрабатываемой детали (глубина внедрения шарика);

t - время соударения (продолжительность удара);

σ_T - предел текучести обрабатываемого материала, равный сопротивлению деформации.

Решением уравнения (2) является выражение

$$h = v \sqrt{\frac{m}{mD\sigma_T}} \sin \sqrt{\frac{\pi D \sigma_T}{m}} t \quad (3)$$

где $D = 2R$ - диаметр шарика.

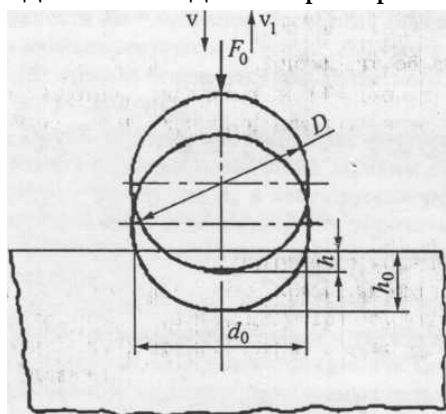


Рис.1

Рис.1.Схема ударного контактного воздействия колеблющегося сферического индентора с упрочняемой поверхностью.

Выразив массу шарика m через его объем $v = \pi D^3/6$ и плотность ρ , выражение (3) можно представить в удобном для расчетной практики виде:

$$h = vD \sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}} \sin\left(\frac{1}{D} \sqrt{\frac{\pi D \sigma_T}{m}} t\right) \quad (4)$$

Из уравнения (4) можно получить основные соотношения для определения максимальной глубины проникновения шарика h_0 , диаметра отпечатка d_0 и общего времени соприкосновения шарика с поверхностью детали t_0 :

$$h_0 = vD \sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}} = 2\pi fAD \sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}} \quad (5)$$

$$d_0 = 2\sqrt{2Rh - h^2} \approx 2\sqrt{2Rh} = 2D \sqrt{2\pi fA \sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}}} \quad (6)$$

$$t_0 = \frac{\pi}{2} D \sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}} \quad (7)$$

Максимальную силу удара шарика находят из выражения, соответствующего закону сохранения импульса:

$$F_0 = \frac{mv(1+k)}{t_0} \quad (8)$$

где $k = v_1/v$ - коэффициент восстановления, равный отношению скорости тела после удара к скорости тела до удара.

Коэффициент восстановления меняется от 0 при абсолютно пластическом ударе до 1 при абсолютно упругом ударе. В реальных условиях удар не может быть абсолютно упругим, $v_1 < v$ и составит $v_1 = kv$.

Подставив в выражение (8) формулы (1) и (7), а также выразив массу шарика через его плотность и объем, получим соотношение для силы удара:

$$F_0 = \frac{2\pi fAD^2(1+k)}{3} \sqrt{6\rho\sigma_T} \quad (9)$$

Для определения глубины наклепанного слоя h_H используют зависимость С.Г. Хейфеца $h_H = \sqrt{\frac{F}{2\sigma_T}}$ хорошо подтвержденную практикой, которая связывает глубину наклепа с усилием индентора F . Подставив вместо F выражение (9), получим формулу для расчета глубины наклепа или деформационного упрочнения при обработке деталей колеблющимся индентором:

$$h_H = D \sqrt{\frac{\pi fA(1+k)}{3}} \sqrt{\frac{6\rho}{\sigma_T}} \quad (10)$$

Коэффициент восстановления скорости k можно предварительно рассчитать по зависимостям, полученным в работе [6], и учитывающим размеры шарика R , его начальную кинетическую энергию W_0 , физикомеханические свойства контактирующих тел (твердость обрабатываемого материала, коэффициент Пуассона и модули упругости).

Для апробации формулы (10) было проведено сравнение расчетных данных с глубиной наклепа h_H , определенной экспериментально авторами работ [5, 7]. При ультразвуковом упрочнении титанового сплава ВТ8 [31] глубина наклепа составляла $h_H = 0,2$ мм при режиме обработки: $f = 17,8$ кГц; диаметр шарика 3 мм; $A = 25...30$ мкм. Расчет по формуле (10) дает значение $h_H = 0,182...0,189$ мм в зависимости от предела текучести обрабатываемого материала $\sigma_{0,2} = 930...1075$ МПа [32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43].

Виброударное упрочнение [5] закаленной стали X12 ($630 \text{ HV} \approx 55 \text{ HRC}$) при режиме $f = 33$ Гц; $A = 3$ мм; $D = 8$ мм ($63...64 \text{ HRC}$) обеспечивает глубину наклепа $h_H = 0,20...0,34$ мм в зависимости от времени обработки (20 или 40 мин) при шероховатости поверхности $R_a = 0,16$ мкм. Расчетные значения глубины наклепа составили $h_H = 0,22...0,23$ мм в зависимости от предела текучести обрабатываемого материала $\sigma_T = 730...890$ МПа.

Таким образом, установлена достаточная для практики сходимость значений глубины деформационного упрочнения h_H в зависимости от режимов ультразвукового и виброударного упрочнения, а также физикомеханических свойств обрабатываемого материала.

Определение глубины наклепа h_H по формуле (10) позволит без продолжительных и трудоемких экспериментальных исследований оценить качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей уже на стадии их проектирования, обеспечивая надежность технологического процесса, а также заданную долговечность изделий [44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Беккулов Б. Р., Ибрагимжанов Б. С., Рахмонкулов Т. Б. ПЕРЕДВИЖНОЕ СУЩИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗЕРНИСТЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ //Современные тенденции развития аграрного комплекса. – 2016. – С. 1282-1284.

2. Ибрагимджанов Б. Х., РЕКОМЕНДАЦИЙ П. ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ СПОСОБАМИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2023. – Т. 2. – №. 16. – С. 184-193.

3. Беккулов Б. Р., Ибрагимжанов Б. С., Тожибоев Б. М. Дон куриштининг замонавий курилмалари //Инновацион ривожланиш муаммолари: ишлаб чиккариш, таълим, илм-фан Вазирлик микёсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари туплами.-Андижон: АндМИ. – 2017. – С. 381-385.

4. Ибрагимджанов Б. Х. и др. РОТОР ПЛАСТИКАЛАР ҲАРАКАТИНИ БАРҚАРОРЛАШТИРИШ //ТА'ЛИМ ВА РИВОЖЛАНИШ ТАҲЛИЛИ ONLAYN ИЛМИЙ ЖУРНАЛИ. – 2023. – Т. 3. – №. 4. – С. 323-331.

5. Ибрагимжонов Б. Х., Иминов Б. И., ўғли Зулфиқоров Д. Р. УЗУМБОҒЛАР УЧУН КЎЧМА МЕХАНИК НАРВОНИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ КУЧЛАР ТАХЛИЛИ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 473-480.

6. Ибрагимджанов Б. Х. РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ СПОСОБАМИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2023. – Т. 6. – №. 3. – С. 184-193.

7. Байназаров Х. Р., Ибрагимжанов Б. С. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫСОКОКЛИРЕНСКОГО ЧЕТЫРЕХКОЛЕСНОГО ТРАКТОРА //Современные тенденции развития аграрного комплекса. – 2016. – С. 1247-1249.

8. Қодиров З., Зулфиқоров Д. ПИЛЛАНИ БУҒЛАШ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНИНИНГ ХОМ ИПАК СИФАТИГА ТАЪСИРИ //Евразийский журнал академических исследований. – 2023. – Т. 3. – №. 1 Part 3. – С. 159-165.

9. Мамажонов З. А., ўғли Зулфикоров Д. Р. САБЗИНИНГ КЕСКИЧ ТИҒИГА ТАЪСИР КУЧИНИ АНИҚЛАШ //INTERNATIONAL CONFERENCES. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 476-481.
10. Mamajonov Z. A. et al. RESPUBLIKAMIZDA QO ‘LLANILAYOTGAN EKSKAVATORLARNING CHO ‘MICH TISHLARINI QAYTA TIKLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISHNING TAHLILI //INTERNATIONAL CONFERENCES. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 482-487.
11. Хожиматов А. А., Иминов Б. И. ИЗНАШИВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫХ СРЕД //Научный Фокус. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 1558-1564.
12. Yusupova R. K. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF COMPACT YARN DEVICES ON SPINNING MACHINES //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 458-466.
13. Yusupova R. K. burilish mashinasini takomillashtirish / / ilmiy va ta'lim tadqiqotlarida innovatsiyalar jurnali. – 2023. - Jild 6. – №. 3. 163171-sahifa.
14. Хожиматов А. А., Мамажонов З. А. MAVSUMIY QISHLOQ XO ‘JALIK TEXNIKALARINI ISHLATISH VA SAQLASH SHARTLARINING TEXNIKA SIFATIGA TA’SIRI //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 40-45.
15. Мамажонов З. А., ўғли Зулфикоров Д. Р. САБЗИНИНГ КЕСКИЧ ТИҒИГА ТАЪСИР КУЧИНИ АНИҚЛАШ //INTERNATIONAL CONFERENCES. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 476-481.
16. Mamajonov Z. A. MAYATNIKLI BOLG ‘A YORDAMIDA URILISH KUCHI QIYMATINI ANIQLASH //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 2. – С. 481-487.
17. Беккулов Б. Р., Атабаев К., Рахмонкулов Т. Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ШАЛЫ В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ //Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – №. 7. – С. 377-381.
18. Рузиев А. А. ЦЕНТРОБЕЖНОЕ СОРТИРОВАНИЕ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ПЛОТНОСТИ //Universum: технические науки. – 2021. – №. 12-3 (93). – С. 82-86.
19. Атабаев К., Мусабаев Б. М. ЗАДАЧА О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВОЛН В БЛИЗИ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ПОЛОСТИ ПРИ КАМУФЛЕТНОМ ВЗРЫВЕ //Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства. – 2017. – С. 1150-1153.
20. Беккулов Б. Р., Собиров Х. А., Рахманкулов Т. Б. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВО ДЛЯ СУШКИ ШАЛА //Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2020. – С. 429-438.

21. Эрматов К. М. Обоснование параметров приспособления к хлопковой сеялке для укладки фоторазрушаемой пленки на посевах хлопчатника. Автореф. канд. дисс. Янгиюль, 1990. – 1990.
22. Эрматов К. М. Вращающий момент бобины с пленкой //Высшая школа. – 2017. – №. 1. – С. 117-118.
23. Rano Y., Asadillo U., Go'Zaloy M. HEAT-CONDUCTING PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS //Universum: технические науки. – 2021. – №. 2-4 (83). – С. 29-31.
24. Каюмов У. А., Хаджиева С. С. НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ СПОСОБАМИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ //The 4th International scientific and practical conference "Science and education: problems, prospects and innovations"(December 29-31, 2020) CPN Publishing Group, Kyoto, Japan. 2020. 808 p. – 2020. – С. 330.
25. Джалилов М. Л., Хаджиева С. С., Иброхимова М. М. Общий анализ уравнения поперечного колебания двухслойной однородной вязкоупругой пластинки //International Journal of Student Research. – 2019. – №. 3. – С. 111-117.
26. Қодиров З., Зулфиқоров Д. ПИЛЛАНИ БУҒЛАШ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНИНИНГ ХОМ ИПАК СИФАТИГА ТАЪСИРИ //Eurasian Journal of Academic Research. – 2023. – Т. 3. – №. 1 Part 3. – С. 159-165.
-
27. Rahmonkulovich B. B., Abdulhaevich R. A., Sadikovna H. S. The energy-efficient mobile device for grain drying //European science review. – 2017. – №. 11-12. – С. 128-132.
28. Bekkulov B. R. ABOUT VALUE DRYING OF THE DEVICE IN PROCESSING OF GRAINS //Irrigation and Melioration. – 2018. – Т. 2018. – №. 1. – С. 60-63.
107. Shokirov B. et al. Computer simulation of channel processes //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 97. – С. 05012.
108. Shokirov B., Norkulov B. Nishanbaev Kh., Khurazbaev M., Nazarov B //Computer simulation of channel processes. E3S Web of Conferences. – 2019. – Т. 97. – С. 05012.
109. Matyakubov B. et al. Forebays of the polygonal cross-section of the irrigating pumping station //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 883. – №. 1. – С. 012050.
110. Matyakubov B. et al. Improving water resources management in the irrigated zone of the Aral Sea region //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264. – С. 03006.
111. Aynakulov S. A. et al. Constructive device for sediment flushing from water acceptance structure //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 896. – №. 1. – С. 012049.

112. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Мамажонов А. М. Результаты исследований режима работы центробежных и осевых насосов //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2017. – №. 1. – С. 28-31.
113. Мамажонов М. и др. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ //Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства. – 2017. – С. 1011-1016.
114. Makhmud M., Makhmudovich S. B., Ogli S. V. M. V. Forecasting factors affecting the water prevention of centrifugal pumps //European science review. – 2018. – №. 5-6. – С. 304-307.
115. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Шакиров Б. Б. АВАНКАМЕРА ВА СУВ КАБУЛ КИЛИШ БУЛИНМАЛАРИНИНГ ГИДРАВЛИК КАРШИЛИКЛАРИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 1. – С. 44-46.
116. Mamajonov M., Shakirov B. M., Shermatov R. Y. HYDRAULIC OPERATING MODE OF THE WATER RECEIVING STRUCTURE OF THE POLYGONAL CROSS SECTION //European Science Review. – 2018. – №. 7-8. – С. 241-244.
117. МАМАЖОНОВ М. М., ШАКИРОВ Б. М., ШЕРМАТОВ Р. Ю. Конструктивные решения по улучшению гидравлических условий работы водоприемных камер насосных станций //Российский электронный научный журнал. – 2015. – №. 2 (16). – С. 21.
118. Makhmudovich B. S. et al. Carrying out hydraulic calculation of the aquifer of pumping stations and work with sediments (in the example of the Ulugnor pumping station) //Eurasian Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 9. – С. 88-92.
119. Mamazhonov M. et al. Polymer materials used to reduce waterjet wear of pump parts //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2176. – №. 1. – С. 012048.
120. Шакиров Б.М., Абдухалилов О.А. Ё., Сирочов А.М. Ё. НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ СУВ ОЛИБ КЕЛУВЧИ КАНАЛИНИНГ ГИДРАВЛИК ҲИСОБИНИ БАЖАРИШ ВА ЧЎКИНДИЛАР БИЛАН КУРАШИШ (УЛУҒНОР НАСОС СТАНЦИЯСИ МИСОЛИДА) //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 7. – С. 183-189.
121. Olimpiev D. N. et al. Stress-strain state dams on a loess subsidence base //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – Т. 954. – №. 1. – С. 012002.
122. Bakhtiyar M. et al. Effective Use of Irrigation Water in Case of Interfarm Canal //Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – С. 2972-2980.
123. Makhmud M., Makhmudovich S. B., Yuldashevich S. R. Hydraulic operating mode of the water receiving structure of the polygonal cross section //European science review. – 2018. – №. 7-8. – С. 241-244.

124. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Мамажонова Н. А. ПОЛИГОНАЛ КЕСИМ ЮЗАЛИ СУВ ОЛИШ ИНШООТИНИ ГИДРАВЛИК ИШ ТАРТИБИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 3. – С. 18-22.
125. Mamajonov M., Shakirov B. M., Mamajonov A. M. HYDRAULIC RESISTANCE IN THE PIPING PUMPS SUCTION //Scientific-technical journal. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – С. 29-33.
126. Mamajonov M., Shakirov B. M. HYDRAULIC CONDITIONS OF THE WATER PUMPING STATION FACILITIES //Scientific-technical journal. – 2018. – Т. 22. – №. 2. – С. 39-43.
127. Шакиров, Б., Эрматов, К., Абдухалилов О., & Шакиров, Б. (2023). ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НАКАВИТАЦИОННЫЙ И ГИДРОАБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС. *Scientific Impulse*, 1(5), 1737–1742. Retrieved from <http://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/view/3297>.
128. Kobuljon Mo'minovich , E. ., Bobur Mirzo, S. ., & Oltinoy, Q. . (2023). БОМБА КАЛОРИМЕТР ИШЛАШ ЖАРAYONI VA XISOBI. *Scientific Impulse*, 1(5), 1800–1804. Retrieved from <http://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/view/3320>.
129. Шакиров Б. М. и др. КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 18-22.
130. Шакиров Б. М. и др. СУҒОРИШ НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ СУВ ҚАБУЛ ҚИЛИШ БЎЛИНМАЛАРИДА ЛОЙҚА ЧЎКИШИ //Results of National Scientific Research International Journal. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 80-91.
131. Qobuljon Muminovich Ermatov, Bobur Mirzo Baxtiyar O'g'li Shakirov, Oltinoy Akbaraliyevna Qorachayeva MARKAZDAN QOCHMA KOMPRESSORLAR GAZ YOKI XAVO OQIB O'TAYOTGANDA HARAKAT MIQDORINING O'ZGARISHINI ANIQLASH // Academic research in educational sciences. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/markazdan-qochma-kompressorlar-gaz-yoki-xavo-oqib-o-tayotganda-harakat-miqdorining-o-zgarishini-aniqlash> (дата обращения: 28.01.2023).
132. o'g'li Shakirov B. M. B., qizi Shokirova N. M. THE CONCEPT OF “FAMILY” IN PHRASEOLOGY //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1 SPECIAL. – С. 497-500.