

УДК 621.791

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВОГО ПРИ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОМ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

ANALYSIS OF THE APPLICATION AND APPLICATION OF POWDER IN PLASMA-ARC REPAIR OF AGRICULTURAL EQUIPMENT PARTS.

Ибрагимжонов Бахрамбек Хамидович

ассистент

(2)Андижанский машиностроительный институт.

E-mail: baxromibraginjanov@gmail.com

Аннотация: *Практика применения плазменной наплавки и напыления в сельскохозяйственном и машиностроительном производстве для целей восстановления и упрочнения изношенных деталей сельскохозяйственной техники показала сравнительно высокую эффективность этих процессов.*

Annotation: *The practice of using plasma surfacing and spraying in agricultural and engineering production for the purpose of restoring and hardening worn parts of agricultural machinery has shown a relatively high efficiency of these processes.*

Для дальнейшего повышения эффективности этих способов восстановления и упрочнения деталей, использованы далеко не все возможности и резервы, к числу которых относятся снижение расхода и применение более дешёвых рабочих газов; расширение номенклатуры восстанавливаемых деталей, за счет комбинированного применения различных порошковых присадочных материалов.

To further improve the efficiency of these methods of restoring and hardening parts, far from all the possibilities and reserves have been used, which include a reduction in consumption and the use of cheaper working gases; expansion of the range of remanufactured parts, due to the combined use of various powder filler materials.

Ключевые слова: *плазменная наплавка и напыление, порошковые сплавы самофлюсующиеся и на железной основе, оптимальный состав, износостойкость, текучесть порошковых твёрдых сплавов, химический состав, эффективность самофлюсования.*

Key words: *plasma surfacing and spraying, self-fluxing and iron-based powder alloys, optimal composition, wear resistance, fluidity of powder hard alloys, chemical composition, self-fluxing efficiency.*

Порошковый сплав для наплавки в первую очередь должен отвечать своему непосредственному назначению - получению наплавленного слоя (покрытия) с необходимыми служебными свойствами. Однако получение качественного наплавленного слоя сопряжено с целым рядом дополнительных требований к порошковому сплаву, возможности применения выбранного способа нанесения

покрытий, а также касающихся их гранулометрического состава, текучести, насыщенности газами [1, 2].

Исследованные нами порошковые твёрдые сплавы на железной основе сормайт 1, УС-25, ФБХ-6-2, и Т-590 приготавливаются путем распыления жидкого металла водой или сжатыми газами или же механическим дроблением. Порошковые сплавы обычно поставляются в пластмассовых или металлических банках, герметично упакованными. Гранулометрический состав порошка довольно разнообразен, поэтому представляло интерес выявить наиболее желательный, с точки зрения технологичности, размеров фракции порошка для наплавки. Все выбранные для исследования сплавы тщательно просушивались при температуре 2000С. Испытанию подвергались порошки, прошедшие ситовой анализ [3, 4, 5, 6].

Одной из важных характеристик порошка является текучесть. Текучесть определялась отношением навески порошка (в граммах) ко времени вытекания порошка (в секунду).

Результаты опытов текучести порошковых твёрдых сплавов на железной основе, приведенные в таблице 1. показывают, что увеличение размеров фракции в значительной степени ухудшают текучесть материала.

Таблица 1.
Текучесть порошковых твёрдых сплавов на железной основе

Гранулометрический состав (мм) Granulometric composition (mm)	Текучесть, (г/с) Fluidity, (g/s)				
	сормайт sormite	УС-25 US-25	ФБХ-6-21 FBH-6-21	Т-590П T-590P	ПГ-Л101 PG-L101
0,25...0,315	4,2	4,0	5,0	2,4	3,4
0,4...0,5	3,41	3,20	2,42	1,78	2,20
0,56...0,7	1,70	1,50	1,67	0,60	1,10

Другими важными факторами влияющим на текучесть порошка является химический состав, содержание растворенных газов.

В этой связи были определены качественные и количественные составы материалов, а также газов (табл. 2.)

Таблица 2.
Качество и количество состав материалов

Материал Material	Химический состав, (%) Chemical composition, (%)					
	С	Si	Cr	Мп	Ni	В
Сормайт Sormite	3,42	3,09	27,57	0,84	2,78	-
УС-25 US-25	4,85	2,08	41,06	0,78	1,36	-
Т-590П T-590P	5,10	2,54	46,00	0,65	-	2,0

ФБХ-6-2 FBH-6-2	4,00	2,28	33,97	1,98	-	1,35
ПГ-Л101 PG-L101	5,70	6,07	55,83	3,26	3,26	-

Определение химических элементов проводилось в соответствии с ГОСТ 16412.0-70. Газы определяли методом вакуум - плавки.

Таблица 3.
Химических элементов

Материал Material	Содержание газов, (%) Gas content, (%)		
	[O] ×10 ⁻²	[N] ×10 ⁻³	[H] ×10 ⁻³
Сормайт Sormite	8,2	3,8	1,7
УС-25 US-25	13,9	5,9	0,4
Т-59ОП T-59OP	5,4	3,2	1,2
ФБХ-6-2 FBH-6-2	13,1	8,3	3,4
ПГ-Л101 PG-L101	13,0	6,7	0,9

Наличие газов в материале в значительной степени осложняет процесс наплавки. Как показали различные исследования содержание кислорода в железохромоуглеродистых сплавах, предназначенных для газовой и плазменной наплавки, не должно превышать 0,06-0,08% [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Содержание кислорода в порошках малых фракций, как правило, выше, так как уменьшение зерна приводит к увеличению удельной поверхности, а следовательно и увеличению содержания окисной пленки.

Порошки с крупным гранулометрическим составом содержат значительно меньше газа. Однако увеличение фракции снижает текучесть, в результате пульсирующий расход порошков резко ухудшает качество наплавленного слоя.

Как было установлено опытной проверкой, при подаче наплавочных порошков в плазмотрон, наилучшими свойствами текучести обладают порошки, имеющие шаровидную форму с гранулометрическим составом 0,4...0,5 мм. Порошки, получаемые распылением жидкого металла водой или инертным газом, удовлетворяют всем требованиям плазменной наплавки. Эти порошки обладают наилучшей текучестью [13, 14, 15, 16, 17].

Однако из железохромоуглеродистых сплавов в настоящее время методом распыла производится только сплав сормайт. Все остальные литые порошки получены дроблением, что сказалось на их технологических свойствах. В месте с тем, определенный размер фракции – 0,5 мм удовлетворяет всем требованиям выбранным для анализа сплавов.

Из литературных источников установлено, что для обеспечения самофлюсования порошков на железной основе в них необходимо добавлять порошковый алюминий. При этом рабочими газами для плазменной наплавки и напыления могут быть аргон или азот.

Аналитический расчет потребного количества вводимого алюминия весьма сложен и вряд ли необходим. Поэтому в данной работе решался вопрос принципиальной возможности снижения затрат защитного аргона введением активных добавок. Как было установлено из литературных источников, даже при минимальной добавке алюминия около 1% наблюдалось хорошее формирование валика [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30].

Тем не менее качество наплавки не всегда удовлетворяло ряду требований. Поэтому было принято решение экспериментальным путем определить состав, считая, что оптимальное количество алюминия соответствует минимальной добавке, обеспечивающей сплошной, беспористый шов. В качестве проб была произведена наплавка композиций с различным содержанием алюминия от 1 до 12%.

Необходимое количество алюминия по результатам исследований было установлено по диаграммам (рис.1.).

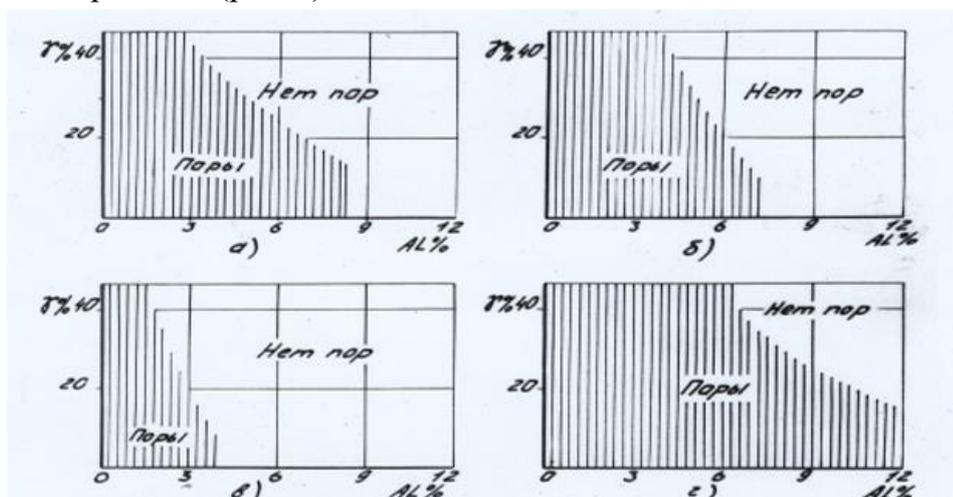


Рис. 1. Диаграммы влияния содержания алюминия и перемешивания сварочной ванны на пористость наплавки. а- сормайт; б-УС-25; в-ФБХ-6-2; г-Т-59ОП.

Твердость наплавки с увеличением процентного содержания алюминия изменялась (рис 2.). Причем при малых значениях снижалась и после некоторого минимума монотонно возрастала.

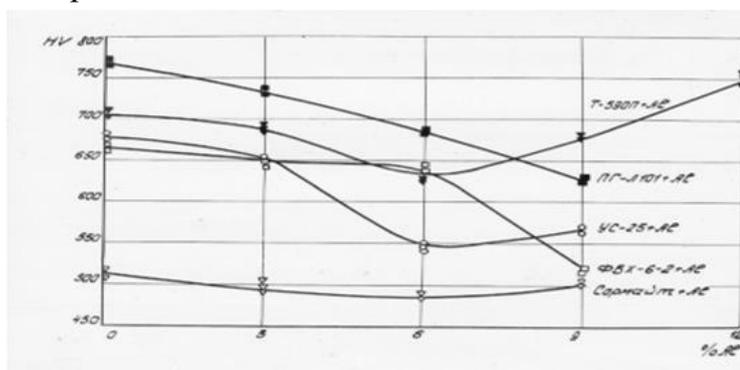


Рис. 2. График зависимости изменения твердости наплавов от содержания алюминия

Исследованию использования для плазменной наплавки и напыления твердых порошковых сплавов на железной основе посвящен целый ряд работ в которых, в частности, в работе Вагнера показана роль газовой защиты, определены наилучшие защитные среды. Отмечается, что тот или иной газ по разному влияет на формирование валика, причем в отдельных случаях в значительных пределах изменяются свойства самой наплавки и напыления.

Поэтому представляло определенный интерес сравнить результаты полученных порошковых композиций с наплавками, произведенными в газовой защите и без неё. Качество самофлюсования оценивалось по угару основных легирующих элементов, наличию пор, трещин, несплавлений. Угар основных элементов характеризуется данными, приведенными в табл. 4.

Таблица 4.
Угар основных элементов

Тип защиты Type of protection	Химический состав в (%) Chemical composition in (%)					
	C	Si	Cr	Mn	Ni	Al
Аргон Argon	2,50	2,48	21,47	0,55	1,04	1,37
Аз от Nitrogen	1,9	1,69	14,82	0,45	2,17	1,16
Углекислый газ Carbon dioxide	2,05	1,69	14,67	0,40	2,15	0,95
Без газовой защиты Without gas protection	1,62	1,47	13,96	0,48	1,77	1,78
Исходный материал Raw material	3,42	3,09	27,57	0,84	2,78	6...8

Как видно из приведенной таблицы 4, наименьший угарэлементов был получен при наплавке в аргоне. Что же касается наплавов в углекислом газе и в азоте, то в этих случаях выгорание элементов было приблизительно в пределах полученных и без газовой защиты, кроме того при наплавке в азоте были обнаружены поры [31, 32, 33, 34, 35, 36, 37].

Трещины и несплавления во всех вариантах наплавов отсутствовали. Оптимальная величина присадки алюминия для всей группы исследуемых сплавов сормайт +6...8%; УС-25+6...7%; Al; ФБХ-6-2+ 2...3% Al; Т-59ОП +10...12% Al; ПГ-Л101 +2...3% Al.

Проверка эффективности самофлюсования в сравнении с защитой в газовых средах (Ar; N₂; CO₂) показала, что качество наплавленного слоя у разработанных композиций не уступает наплавке в среде аргона. Важнейшим критерием качества наплавленного металла является его сопротивление износу. Поэтому при выборе сплава и способа его наплавки следует обращать внимание на итог всего процесса – получение желаемых свойств рабочих поверхностей.

Вместе с тем, сам процесс наплавки, сопряженный с протеканием целого ряда химических реакций и структурных превращений, может привести к изменению свойств покрытия.

В процессе наплавки может изменяться глубина проплавления, разбавление металла наплавки материалом основы и как следствие – некоторое снижение твердости покрытий, что в известной степени отражается на износостойкости.

Из обзора литературных источников установлено, что в настоящее время не достаточно экспериментальных данных, оценивающие влияние режима плазменной наплавки на главную характеристику, её стойкость истиранию. Кроме того, представляет определенный интерес выявить такую связь у разработанных самофлюсующихся композиций.

Испытания на трение и износ можно отнести к одним из самых сложных и длительных процессов. В связи с этим М.М. Хрущёв считает, что создание универсального лабораторного метода испытаний на износ является невозможным и в исследованиях необходимо стремиться применять тот способ, который в наибольшей степени имитирует условия работы материала при эксплуатации [38, 39, 40, 41, 42, 43, 44].

В основу наших испытаний был положен сравнительный метод, при котором износостойкость наплавки сравнивалась с износостойкостью эталона из закаленной стали 45 (HRC 45), отвечающего по свойствам наиболее используемой в сельскохозяйственном машиностроении стали.

Полученные результаты испытания наплавки на изнашивание приведены на рисунке 3.

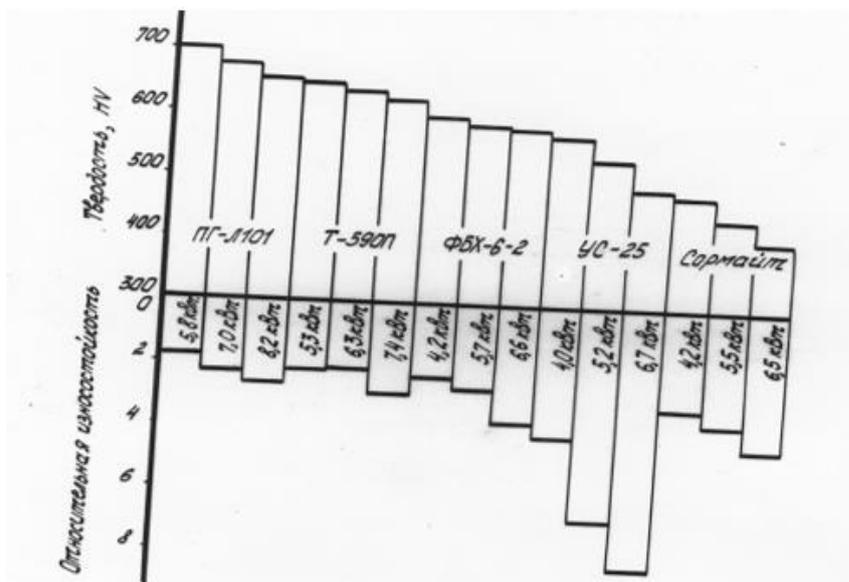


Рис 3. Диаграмма относительной износостойкости и твердости наплавки.

Наилучшая износостойкость получена у материалов УО-25 + Al и сармайт + Al, наплавленных на режимах со значительным проплавлением.

Исследования, направленные на снижение стоимости материалов для наплавки и напыления, проводились путем смешивания в определенных соотношениях порошков на никелевой и железной основах (таб.5). Опыты показали, что при напылении и наплавке смесей качество покрытий, их физико-механические свойства получаются даже выше, чем при использовании одного хромоникелевого порошка [45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52].

Следует отметить, что стоимость порошков на железной основе типа сормайт стоят значительно ниже хромоникелевых порошков. Твердость порошковых смесей составляет HRC 49-53. Износостойкость до 5 раз превышает износостойкость стали 45, закаленной до твердости HRC 54-56.

Усталостная прочность повышается на 30-45%, в то же время при использовании одного порошкового хромоникелевого сплава (ПГ-ХН80СР2) усталостная прочность снижается на 5-10%. Добавление в состав сормайта 2-3% самофлюсующего элемента бора и их смешивание с хромоникелевым сплавом позволили уменьшить содержание последнего в смеси до 20% и тем самым значительно снизить стоимость материала покрытия [53, 54, 55, 56, 57].

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 куригишнинг 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 БАҲАРАПЛАШТИРИШ //TA'LIM VA RIVOJLANISH TANLILI ONLAYN ILMIU JURNALI. – 2023. – Т. 3. – №. 4. – С. 323-331.
5. Ибрагимжонов Б. Х., Иминов Б. И., ўгли Зулфиқоров Д. Р. УЗУМБОҒЛАР УЧУН КЎЧМА МЕХАНИК НАРВОНИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ КУЧЛАР ТАҲЛИЛИ //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 ВЫСОКОКЛИРЕННОГО 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.

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. Hojimatov A. A., Mamajonov Z. A. 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., ўгли Зулфикоров Д. Р. САБЗИНИНГ КЕСКИЧ ТИФИГА ТАЪСИР КУЧИНИ АНИҚЛАШ //INTERNATIONAL CONFERENCES. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 476-481.
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.

28. Bekkulov B. R. ABOUT VALUE DRYING OF THE DEVICE IN PROCESSING OF GRAINS //Irrigation and Melioration. – 2018. – Т. 2018. – №. 1. – С. 60-63.

29. Shokirov B. et al. Computer simulation of channel processes //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 97. – С. 05012.

30. Shokirov B., Norkulov B. Nishanbaev Kh., Khurazbaev M., Nazarov B //Computer simulation of channel processes. E3S Web of Conferences. – 2019. – Т. 97. – С. 05012.

31. 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.

32. 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.

33. 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.

34. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Мамажонов А. М. Результаты исследований режима работы центробежных и осевых насосов //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2017. – №. 1. – С. 28-31.

35. 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.

36. Makhmud M., Makhmudovich S. B., Ogli S. B. M. B. Forecasting factors affecting the water preventionof centrifugal pumps //European science review. – 2018. – №. 5-6. – С. 304-307.

37. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Шакиров Б. Б. АВАНКАМЕРА ВА СУВ КАБУЛ КИЛИШ БУЛИНМАЛАРИНИНГ ГИДРАВЛИК КАРШИЛИКЛАРИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 1. – С. 44-46.

38. 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.

39. 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.

40. 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.

41. 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.

42. Шакиров Б.М., Абдухалилов О.А. Ў., Сирочов А.М. Ў.НАСОС СТАНЦИЯЛАРНИНГ 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.

43. 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.

44. 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.

45. 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.

46. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Мамажорова Н. А. ПОЛИГОНАЛ КЕСИМ ЮЗАЛИ СУВ ОЛИШ ИНШООТИНИ ГИДРАВЛИК ИШ ТАРТИБИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 3. – С. 18-22.

47. 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.

48. Mamajonov M., Shakirov B. M. HYDRAULIC CONDITIONS OF THE WATER PUMPING STATION FACILITIES //Scientific-technical journal. – 2018. – Т. 22. – №. 2. – С. 39-43.

49. 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>.

50. Kobuljon Mo'minovich, E. ., Bobur Mirzo, S. ., & Oltinoy, Q. . (2023). BOMBA KALORIMETR ISHLASH JARAYONI VA XISOBI. Scientific Impulse, 1(5), 1800–1804. Retrieved from <http://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/view/3320>.

51. Шакиров Б. М. и др. КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СНИЖЕНИЮ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 18-22.

52. Шакиров Б. М. и др. СУФОРИШ НАСОС СТАНЦИЯЛАРНИНГ СУВ ҚАБУЛ ҚИЛИШ БЎЛИНМАЛАРИДА ЛОЙҚА ЧЎКИШИ //Results of National Scientific Research International Journal. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 80-91.

53. 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).

54. 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.

55. Qayumov U. A., Qosimov K. Z. IKKI QAVATLI PNEVMATIK QURITISH USKUNASI MISOLIDA MAYIZ TAYYORLASH UCHUN UZUMNING URUG ‘SIZ NAVLARINI ZAMONAVIY USKUNALARIDA QURITISH TEXNOLOGIYASI TAHLILI //Евразийский журнал академических исследований. – 2023. – Т. 3. – №. 9. – С. 20-23.

56. Qosimov K., Bekkulov B., Qayumov U. DEVELOPMENT OF A MODERN PNEUMATIC DRYER AND PROSPECTS FOR ITS SOLAR-TYPE WORKING PRINCIPLE //JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH. – 2023. – Т. 6. – №. 3. – С. 200-205.

57. Qayumov U. PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF A MODERN PNEUMATIC DRYER OF SOLAR RADIATION TYPE AND THE PRINCIPLE OF ITS OPERATION //Open Access Repository. – 2022. – Т. 8. – №. 7. – С. 107-109.