

**РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ  
ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ  
СПОСОБАМИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ**

**Б.Х.Ибрагимджанов**

Ассистент Андижанский машиностроительный институт

**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.*

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

**Аннотация.** *Qishloq xo'jaligi va mashinasozlik ishlab chiqarishida qishloq xo'jaligi texnikasining eskirgan qismlarini tiklash va mustahkamlash maqsadida plazma qoplamasi va purkagichdan foydalanish amaliyoti bu jarayonlarning nisbatan yuqori samaradorligini ko'rsatdi.*

**Kalit so'zlar:** *plazma bilan qoplash va purkash, o'z-o'zidan oqadigan va temir asosli kukunli qotishmalar, optimal tarkib, emirilishga bardoshli, kukunli qattiq qotishmalarning suyuqligi, kimyoviy tarkibi, o'z-o'zidan oqim samaradorligi.*

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

**Keywords:** *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 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 [3, 4].

Состав порошка довольно разнообразен ггранулометрический, поэтому представляло интерес выявить наиболее желательный, с точки зрения технологичности, размеров фракции порошка для наплавки.

Все выбранные для исследования сплавы тщательно просушивались при температуре 200<sup>0</sup>С. Испытанию подвергались порошки, прошедшие ситовой анализ [5].

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.

**Текучесть порошковых твёрдых сплавов на железной основе**  
**Таблица 1.**

Гранулометрический состав (мм)	Текучесть, (г/с)				
	сормайт	УС-25	ФБХ-6-21	Т-590П	ПГ-Л101
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**

Материал	Химический состав, (%)					
	С	Si	Cr	Мп	Ni	В
Сормайт	3,42	3,09	27,57	0,84	2,78	-
УС-25	4,85	2,08	41,06	0,78	1,36	-
Т-590П	5,10	2,54	46,00	0,65	-	2,0
ФБХ-6-2	4,00	2,28	33,97	1,98	-	1,35
ПГ-Л101	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**

Материал	Содержание газов, (%)		
	[O] ×10 <sup>-2</sup>	[N] ×10 <sup>-3</sup>	[H] ×10 <sup>-3</sup>
Сормайт	8,2	3,8	1,7
УС-25	13,9	5,9	0,4
Т-590П	5,4	3,2	1,2
ФБХ-6-2	13,1	8,3	3,4
ПГ-Л101	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%.

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 [6, 7, 8, 9, 10].

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. 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 [11, 12, 13, 14, 15].

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.

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.2.).

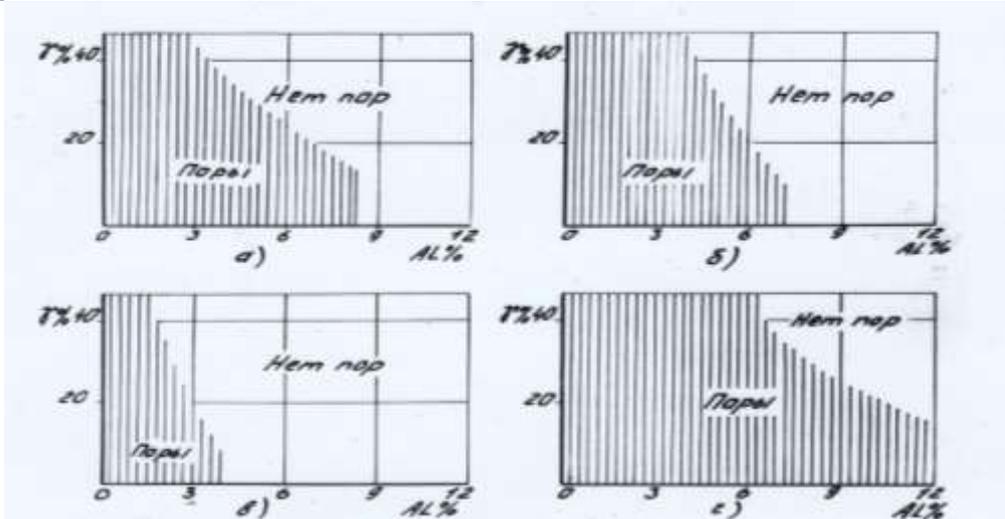


Рис. 2. Диаграммы влияния содержания алюминия и перемешивания сварочной ванны на пористость наплавов.

а- сормайт; б-УС-25; в-ФБХ-6-2; г-Т-590П.

Лучшими из исследуемых композиций оказались: Сормайт + 6...8% Al; УС-25+6...7% Al; ФБХ-6-2 + 3% Al; Т-590П+10...12% Al.

Твердость наплавов с увеличением процентного содержания алюминия изменялась (рис 3.). Причем при малых значениях снижалась и после некоторого минимума монотонно возрастала.

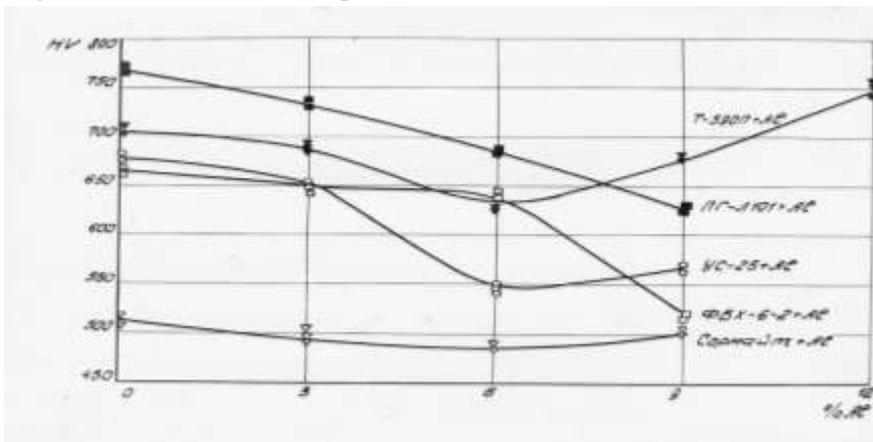


Рис. 3. График зависимости изменения твердости наплавов от содержания алюминия

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 [16].

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, наличие пор, трещин, несплавлений. Угар основных элементов характеризуется данными, приведенными в табл. 4.

**Таблица 4.**

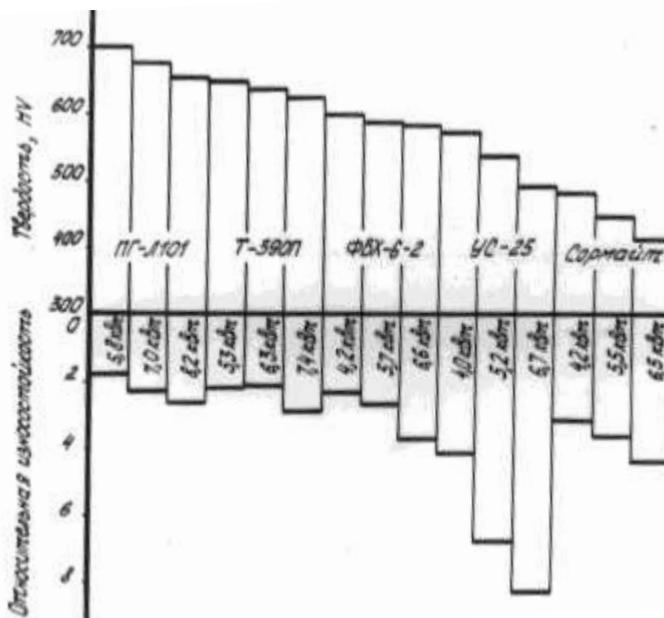
Тип защиты	Химический состав в (%)					
	C	Si	Cr	Mn	Ni	Al
Аргон	2,50	2,48	21,47	0,55	1,04	1,37
Азот	1,9	1,69	14,82	0,45	2,17	1,16
Углекислый газ	2,05	1,69	14,67	0,40	2,15	0,95
Без газовой защиты	1,62	1,47	13,96	0,48	1,77	1,78
Исходный материал	3,42	3,09	27,57	0,84	2,78	6...8

Как видно из приведенной таблицы 4, наименьший угар элементов был получен при наплавке в аргоне. Что же касается наплавки 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. Трещины и несплавления во всех вариантах наплавки отсутствовали. Оптимальная величина присадки алюминия для всей группы исследуемых сплавов сормайт +6...8%; УС-25+6...7%; А1; ФБХ-6-2+ 2...3% А1; Т-590П +10...12% А1; ПГ-Л101 +2...3% А1.

Проверка эффективности самофлюсования в сравнении с защитой в газовых средах (Ar; N<sub>2</sub>; CO<sub>2</sub>) показала, что качество наплавленного слоя у разработанных композиций не уступает наплавке в среде аргона [17, 18, 19, 20].

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 [21, 22, 23].

Полученные результаты испытания наплавки на изнашивание приведены на рисунке 4



**Рис 4. Диаграмма относительной износостойкости и твердости наплавов.**

Наилучшая износостойкость получена у материалов UC-25 + Al и сормайт +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 [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30].

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 [31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38].

#### **Состав порошковых смесей**

**Таблица 5**

Условное обозначение порошковой смеси	Состав порошковой смеси
ПС-1	50% ПГ-ХН80СР2
	50% Сормайт-1
ПС-2	50% СНГН 60
	50% Сормайт-1 (ПГ-С1)
ПС-3	50% ПГ-ХН80СР2
	50% ФБХ-6-2
ПС-4	30% ПГ-ХН80СР3
	70% Сормайт-1
ПС-5	20% ПГ-ХН80СР4
	80% Сормайт-1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

35. 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.
36. Рузиев А. А. ЦЕНТРОБЕЖНОЕ СОРТИРОВАНИЕ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ПЛОТНОСТИ //Universum: технические науки. – 2021. – №. 12-3 (93). – С. 82-86.
37. 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.
38. 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.
39. Эрматов К. М. Обоснование параметров приспособления к хлопковой сеялке для укладки фоторазрушаемой пленки на посевах хлопчатника. Автореф. канд. дисс. Янгиюль, 1990. – 1990.
40. Махсудов П. М., Акбаров Ш. Б., Уришев У. Г. Факторы, влияющие на снижение полноты сбора хлопка при машинной уборке //Высшая школа. – 2016. – Т. 2. – №. 24. – С. 60-62.
41. Шермухамедов А. А., Байназаров Х. Р. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАКТОРНЫХ САМОСВАЛЬНЫХ ПРИЦЕПОВ //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. 760.
42. Рахимов А. Ю., Рахимов А. А., Қодиров З. ПИЛЛАНИ ПИШИБ ЕТИЛГАНЛИК ДАРАЖАСИНИ СИФАТ КЎРСАТКИЧЛАРИГА ТАЪСИРИ //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 11. – С. 33-41.
43. Қодиров З. А., Парпиев С. Ф. ПИЛЛАГА ДАСТЛАБКИ ИШЛОВ БЕРИШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ ПИЛЛА СИФАТИГА ТАЪСИРИ //Academicresearchineducationalsciences. – 2022. – Т. 3. – №. 2. – С. 637-645.
44. Q. M. Ermatov, V.B.Shakirov STUDYING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FILM SPILLING //НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ МАШИНОСТРОЕНИЕ. – 2022. – №. 3. – С. 221-224
45. Эрматов Қ. М. Қаршилиқнинг квадратик қонунини ҳисобга олиб газ қувирида газодинамик кўрсаткичларнинг тадқиқи //Namangan muhandislik texnologiya instituti ILMIY-TEХNIKA JURNALI. – 2022. – №. 6/2. – С. 206-215

46. Эрматов К. М. Вращающий момент бобины с пленкой //Высшая школа. – 2016. – Т. 1. – №. 24. – С. 57-58.
47. Қодиров З. А., Парпиев С. Ф. ПИЛЛАГА ДАСТЛАБКИ ИШЛОВ БЕРИШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ ПИЛЛА СИФАТИГА ТАЪСИРИ.
48. Рахимов А. А., Парпиев С. Ф. ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТВАРКИ НА КОЛИЧЕСТВО УВАРА ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА  
INFLUENCE OF BREADING DURATION ON THE QUANTITY OF UVAR DURING PRIMARY PROCESSING OF FIBROUS WASTE OF //ПРОБЛЕМЫ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ: Сборник научных трудов Всероссийского круглого стола с международным участием (22 декабря 2020 г.). – М.: РГУ им. АН Косыгина, 2021. – 271 с. – 2021. – С. 184.
49. Rano Y., Asadillo U., Go'Zaloy M. HEAT-CONDUCTING PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS //Universum: технические науки. – 2021. – №. 2-4 (83). – С. 29-31.
50. Каюмов У. А., Хаджиева С. С. НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ 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.
51. 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.
52. 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.
53. Мамажонов З. А., ўғли Зулфиқоров Д. Р. САБЗИНИНГ КЕСКИЧ ТИФИГА ТАЪСИР КУЧИНИ АНИҚЛАШ //INTERNATIONAL CONFERENCES. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 476-481.
54. Mamajonov Z. A. et al. RESPUBLIKAMIZDA QO 'LLANILAYOTGAN EKSKAVATORLARNING CHO 'MICH TISHLARINI QAYTA TIKLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISHNING TANLILI //INTERNATIONAL CONFERENCES. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С.
55. 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.
56. 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.

57. Bekkulov B. R. ABOUT VALUE DRYING OF THE DEVICE IN PROCESSING OF GRAINS //Irrigation and Melioration. – 2018. – Т. 2018. – №. 1. – С. 60-63.
58. Bekkulov, B. R. "ABOUT VALUE DRYING OF THE DEVICE IN PROCESSING OF GRAINS." Irrigation and Melioration 2018.1 (2018): 60-63.
59. Shokirov B. et al. Computer simulation of channel processes //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 97. – С. 05012.
60. Shokirov B., Norkulov B. Nishanbaev Kh., Khurazbaev M., Nazarov B //Computer simulation of channel processes. E3S Web of Conferences. – 2019. – Т. 97. – С. 05012.
61. 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.
62. 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.
63. 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.
64. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Мамажонов А. М. Результаты исследований режима работы центробежных и осевых насосов //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2017. – №. 1. – С. 28-31.
65. 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.
66. Makhmud M., Makhmudovich S. B., Ogli S. B. M. B. Forecasting factors affecting the water prevention of centrifugal pumps //European science review. – 2018. – №. 5-6. – С. 304-307.
67. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Шакиров Б. Б. АВАНКАМЕРА ВА СУВ КАБУЛ КИЛИШ БУЛИНМАЛАРИНИНГ ГИДРАВЛИК КАРШИЛИКЛАРИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 1. – С. 44-46.
68. 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.
69. 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.
70. 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).

71. 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>.

72. Шакиров Б. М. и др. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НАКАВИТАЦИОННЫЙ И ГИДРОАБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС //Scientific Impulse. – 2022. – Т. 1. – №. 5. – С. 1737-1742.