

ISSN 2713-220X

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

2021 № 2 (Том 2)

**SCIENTIFIC RESEARCHES:
RESULTS AND PROSPECTS**

2021 № 2 (Том 2)

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Гайдаров М.М.-Р., Гайдаров А.М., Хуббатов А.А. Поликатيونные буровые растворы и их многообразное использование
Шмончева Е.Е., Джаббарова Г.В. Разработка технических устройств для установки обсадных колонн по технологии монодиаметра

3

14

**РАДИОТЕХНИКА,
МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА**

Арсланов Д.Э., Махмудов М.А. Возможности использования жидких полупроводников в качестве высокотемпературных термисторов
Семиляк А.И., Гайдаров М.Н. Ускорение математических вычислений в микропроцессорах
Кириченко-Мишкин В.Д., Хайбулаев А.М. Защита открытых распределительных устройств электрических подстанций от обратных перекрытий при прямом ударе молнии

20

25

29

**ТЕХНОЛОГИИ, ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Колотий Т.Б. Обогащение пшеничного хлеба растительной добавкой эхинацеи пурпурной
Ибрагимова Л.Р., Исламов М.Н. Исследование влияния условий фасовки и теплообработки консервируемых в стеклянной таре продуктов на величину вакуума
Яралиева З.А. Технология получения и применения овощных криопорошков на примере спаржи

35

40

46

**МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

Ахмедпашаев М.М., Ирзаев Г.Х., Ахмедпашаев М.У. Оценка износа деталей трибосопряжений погружного насоса, работающего в скважине со сложными условиями эксплуатации

53

Правила оформления и представления статей

62

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный технический университет»

Редакционная коллегия:

Н.С. Суракатов, к.э.н., доцент, главный редактор (Махачкала)
Г.Х. Ирзаев, к.т.н., доцент, зам. главного редактора (Махачкала)
А.Д. Абакаров, д.т.н., профессор (Махачкала)
Г.М. Абакаров, д.х.н., доцент (Махачкала)
Э.К. Агаханов, д.т.н., профессор (Махачкала)
А.П. Адамов, д.т.н., профессор (Махачкала)
Р.М. Алиев, д.т.н., профессор (Махачкала)
Х.Х. Ахмадова, д.т.н., профессор (Грозный)
М.Э. Ахмедов, д.т.н., доцент (Махачкала)
М.У. Ахмедпашаев, д.т.н., доцент (Махачкала)
Р.В. Гусейнов, д.т.н., профессор (Махачкала)
Т.А. Исмаилов, д.т.н., профессор (Махачкала)
М.Ю. Карелина, д.т.н., профессор (Москва)
Д.А. Магомедов, д.т.н., профессор (Махачкала)
К.П. Манжула, д.т.н., профессор (С-Петербург)
А.Н. Остриков, д.т.н., профессор (Воронеж)
Г.К. Сафаралиев, д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. РАН (Москва)
А.Р. Тагилаев, д.т.н., профессор (Махачкала)
С.У. Увайсов, д.т.н., профессор (Москва)
О.М. Устарханов, д.т.н., профессор (Махачкала)
Н.К. Юрков, д.т.н., профессор (Пенза)

При перепечатке ссылка на журнал «Научные исследования: итоги и перспективы» обязательна.

Все поступившие в редакцию материалы подлежат рецензированию.

Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции.

Редакция в своей деятельности руководствуется рекомендациями Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics).

Условия публикации статей размещены на сайте: <http://dstu.ru>.

Журнал включен в базы данных eLIBRARY и индексируется в национальной информационно-аналитической системе – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Адрес редакции: 367026, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70
Телефон: +7 (8722) 62 37 15

E-mail: naukajournal@mail.ru.

ISSN 2713-220X

2021 № 2 (Vol. 2)

CONTENTS

EARTH SCIENCES

- Gaidarov M.M.-R., Gaidarov A.M., Khubbatov A.A.* Polycationic drilling fluids and their reusable use 3
- Shmoncheva E.E., Dzhabbarova G.V.* Development of technical devices for installing casing columns monodiameter technology 14

RADIO ENGINEERING, MICRO- AND NANOELECTRONICS

- Arslanov D.E., Makhmudov M.A.* Possibilities of using liquid semiconductors as high-temperature thermistors 20
- Semilyak A.I., Gaidarov M.N.* Acceleration of math calculations in microprocessors 25
- Kirichenko-Mishkin V.D., Khaibulaev A.M.* Protection of open switchgears of electrical substations from reverse overlap in case of a direct lightning strike 29

TECHNOLOGIES, PROCESSES AND DEVICES OF FOOD PRODUCTION

- Kolotiy T.B.* Fortification of wheat bread with herbal supplement *Echinacea purpurea* 35
- Ibragimova L.R., Islamov M.N.* Investigation of the influence of the conditions of packing and heat treatment of products preserved in glass containers on the vacuum value 40
- Yaraliev Z.A.* Technology of obtaining and using vegetable cryopowders on the example of asparagus 46

MECHANICAL ENGINEERING

- Akhmedpashaev M.M., Irzaev G.Kh., Ahmedpashaev M.U.* Wear assessment of tribo coupling parts submersible pump working in a well with difficult conditions 53
- Rules for writing and submitting articles 62

Founder and Publisher: federal state budgetary educational institution of higher education «Daghestan State Technical University»

Editorial team:

- N.S. Surakatov, Ph.D., Associate Prof., Chief editor (Makhachkala)
- G.Kh. Irzaev, Ph.D., Associate Prof., Deputy Chief Editor (Makhachkala)
- A.D. Abakarov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- G.M. Abakarov, Doctor of Science, Associate Prof. (Makhachkala)
- E.K. Agakhanov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- A.P. Adamov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- R.M. Aliev, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- Kh.Kh. Akhmadova, Doctor of Science, Prof. (Grozny)
- M.E. Akhmedov, Doctor of Science, Associate Prof. (Makhachkala)
- M.U. Akhmedpashaev, Doctor of Science, Associate Prof. (Makhachkala)
- R.V. Huseynov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- T.A. Ismailov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- M.Yu. Karelina, Doctor of Science, Prof. (Moscow)
- D.A. Magomedov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- K.P. Manzhlua, Doctor of Science, Prof. (St. Petersburg)
- A.N. Ostrikov, Doctor of Science, Prof. (Voronezh)
- G.K. Safaraliev, Doctor of Science, Prof. (Moscow)
- A.R. Tagilayev, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- O.M. Ustarkhanov, Doctor of Science, Prof. (Makhachkala)
- S.U. Uvaisov, Doctor of Science, Prof. (Moscow)
- N.K. Yurkov, Doctor of Science, Prof. (Penza)

When reprinting a link to the journal «Scientific researches: results and prospects» required.

All materials received by the editors subject to review. The opinions of the authors may not coincide with the views of the publisher.

The editors in their activities guided by the recommendations of the Committee on Publication Ethics.

The conditions for publishing articles are available on the website: <http://dstu.ru>.

The journal is included in the eLIBRARY databases and indexed in the national information and analytical system - Russian Science Citation Index (RSCI).

Editorial office: 70 I. Shamily Ave., Makhachkala, Republic of Daghestan, 367026, Russia.

Tel.: +7 (8722) 62 37 15

E-mail: naukajournal@mail.ru.

ISSN 2713-220X

ПОЛИКАТИОННЫЕ БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ И ИХ МНОГОРАЗОВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

М.М-Р. Гайдаров, А.М. Гайдаров, А.А. Хуббатов

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва
m_gaydarov@vniigaz.gazprom.ru

Аннотация. Рассмотрены результаты применения поликатионного бурового раствора «Катбурр» в условиях бурения в Прикаспийской впадине на Астраханском газоконденсатном месторождении. Отмечены значительные преимущества использования раствора «Катбурр» по сравнению с традиционными анионно-неионными буровыми растворами. На примере Астраханского газоконденсатного месторождения рассмотрена задача по минимизации утилизируемых объемов буровой жидкости. Использование поликатионных буровых растворов на месторождении позволяет предотвратить наработку, снизить буровые отходы и минимизировать осложнения. Для предотвращения утилизации буровых растворов и снижения экологической нагрузки на окружающую среду рекомендуется увеличить вместимость емкостного парка для их хранения и повторного использования.

Abstract. The results of application of polycationic drilling mud "Katburr" in drilling conditions in the Caspian depression at the Astrakhan gas condensate field are considered. Significant advantages of using the "Katburr" mud in comparison with traditional anionic-non-ionic drilling muds are noted. Using the example of the Astrakhan gas condensate field, the problem of minimizing the utilized volumes of drilling fluid is considered. The use of polycationic drilling fluids in the field allows to prevent production, reduce drilling waste and minimize complications. To prevent the disposal of drilling fluids and reduce the environmental load on the environment, it is recommended to increase the capacity of the tank farm for their storage and re-use.

Ключевые слова: анионные буровые растворы, неионные буровые растворы, ингибирующие свойства, крепящие свойства, поликатионный буровой раствор «Катбурр», наработка бурового раствора, утилизация, повторное использование, Астраханское газоконденсатное месторождение.

Keywords: anionic drilling fluids, non-ionic drilling fluids, inhibiting properties, fixing properties, polycationic drilling mud "Katburr", drilling mud production, disposal, re-use, Astrakhan gas condensate field.

Введение

Традиционно используемые водные буровые растворы представляют собой глинистые суспензии, стабилизированные анионно-неионными полимерами. В качестве полимеров-стабилизаторов в традиционных системах наибольшее применение нашли: водорастворимые эфиры целлюлозы (анионные и неионные), крахмал (неионный), акриловые реагенты (анионные) и лигносульфонаты (анионные).

Выбор типа бурового раствора и проектных значений его технологических показателей осуществляют с целью повышения технико-экономических показателей бурения и предупреждения возможных осложнений. Однако технологические показатели раствора оценивают эксплуатационные характеристики рабочей жидкости, и какими бы превосходными не были их проектные значения, они не способны предотвратить наработку и потерю устойчивости ствола в набухающих и потенциально неустойчивых глинистых породах.

Решение проблем и снижение затрат, вызванные наработкой раствора и потерей устойчивости ствола скважины, возможно путем усиления ингибирующих и крепящих свойств раствора. Накопленный опыт бурения нефтяных и газовых скважин свидетельствует о том, что совершенствовать традиционные анионно-неионные системы практически не представляется возможным, поскольку они исчерпали свой потенциал.

В процессе строительства скважин происходит накопление избыточного объема бурового раствора, который подлежит утилизации и, тем самым, создает потенциальную угрозу окружаю-

щей среде. Избыточный объем жидкости зависит от конструкции скважины и свойств проектного бурового раствора. Особенности конструкции скважин оказывают влияние на накопление избыточных объемов буровых растворов. Увеличение глубины спуска обсадной колонны большого диаметра и переход на меньший диаметр долота приводит к значительным избыточным объемам. Например, после бурения 393,7 мм долотом и спуска 324 мм обсадной колонны на глубину до 3000 м, переход на диаметр долота 295,3 мм приводит к образованию значительных избыточных объемов. Определяющим, на наш взгляд, фактором, влияющим на накопление избыточного объема раствора и, следовательно, создающим угрозу окружающей среде, являются свойства бурового раствора.

Во-первых, буровой раствор сам по себе должен быть экологически безопасным с минимальной токсичностью, во-вторых, высокими ингибирующими и крепящими свойствами, обеспечивающими «нулевую» наработку. В третьих, существенное снижение утилизируемых объемов жидкости достигается путем создания буровых растворов многократного использования. Создание благоприятных условий безопасного строительства скважин с одновременным решением экологических проблем, связанных со снижением утилизируемых объемов буровых растворов, является важнейшей задачей.

Поликатионные буровые растворы

Решение указанных проблем возможно путем использования поликатионных систем буровых растворов. Впервые исследование и разработка

стабильных термосолестойких буровых растворов с высокими ингибирующими и крепящими свойствами, стабилизированных поликатионными полимерами, началось в лаборатории крепления и закачивания скважин ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в 2010 году. К настоящему времени уже разработано и запатентовано более 30 составов поликатионных буровых растворов (Катбурр).

Результаты применения поликатионных систем в надсолевом разрезе при бурении скважин № 939 и № 1082 на Астраханском газоконденсатном месторождении (АстрГКМ) свидетельствуют о высоких ингибирующих свойствах раствора в сравнении с традиционными [1]. В процессе бурения этих скважин структурно-реологические и фильтрационные показатели поликатионных растворов (Катбурр) проявили исключительную стабильность. Концентрация коллоидной фракции в растворе на протяжении бурения всего интервала глинистых пород не менялась и находилась в пределах 2,5-3,5%, что свидетельствует об отсутствии набухания и диспергирования глинистого шлама. Следует отметить, что при проходке вязких увлажненных глин, выбуренный глинистый шлам не прилипал к сеткам вибросит и легко удалялся. На АстрГКМ впервые при бурении скважин № 939 и № 1082 в надсолевом разрезе удалось предотвратить наработку раствора при проектных значениях, соответственно, 2100 м³ и 1050 м³, благодаря использованию поликатионных систем.

В процессе бурения в солевых отложениях было выявлено, что солевая агрессия не влияет на показатели Катбурр, что позволило пройти весь интер-

вал без дополнительных обработок. При этом все показатели раствора были стабильными, а показатель фильтрации, например, при углублении в солевых отложениях, вовсе уменьшился до нуля, что говорит о положительном влиянии галита, ангидритов и гипсов на показатели Катбурр, в отличие от традиционных анионно-неионных буровых растворов. Следует отметить, что показатель фильтрации Катбурр, замеряемый в условиях, имитирующих забойные условия – при температуре 110°С и перепаде давления 3,5 Мпа, не превышал 5-6 см³.

Во время всего процесса углубления в солевых отложениях структурно-реологические и фильтрационные показатели не претерпели изменений: влияние солей – хлоридов и сульфатов и температуры на показатели раствора можно признать положительным.

Так, при проходке солевых отложений на скважине № 939 расход химических реагентов при бурении солевого интервала 2896-3828 м значительно сократился в сравнении с обычными растворами, например, расход крахмала составил всего 3,02 т против 25 т по проекту. Экономический эффект от применения соленасыщенной утяжеленной модификации Катбурр получен в размере 14 324,5 тыс. руб., что составляет 15,37 тыс. руб. на метр проходки.

Промысловые испытания Катбурр на АстрГКМ выявили следующее:

- рН среды не влияет на технологические показатели и свойства поликатионного раствора и находится в пределах 6-7;

- увеличение концентрации катионов кальция и магния оказывают улуч-

шающее действие на свойства и технологические показатели поликатионной системы;

- в поликатионных пресных системах с содержанием крахмала и биополимера процессы биодеструкции не протекают и отпадает необходимость в применении бактерицида;

- высокие ингибирующие свойства раствора обеспечивают предотвращение набухания и диспергирования глин;

- раствору «Катбурр» присуща малокомпонентность, поскольку поликатионный полимер одновременно является стабилизатором (понижителем фильтрации), разжижителем, бактерицидом и ингибитором набухания глин;

- простота в управлении структурно-реологическими и фильтрационными показателями раствора;

- стабильность структурно-реологических и фильтрационных показателей раствора в течение всего цикла строительства скважины;

- переход с пресной поликатионной системы на высокоминерализованный раствор происходит без каких-либо признаков коагуляции и ухудшения технологических показателей и не требует дополнительных затрат стабилизаторов;

- низкое значение показателя фильтрации в забойных условиях при воздействии высоких температур и полисолевой агрессии;

- совместимость с цементными растворами.

По результатам применения поликатионных систем принято решение о дальнейшем строительстве эксплуатационных скважин на АстрГКМ с использованием различных модификаций «Катбурр».

Повторное использование поликатионных буровых растворов Катбурр

На примере АстрГКМ рассмотрим, каким образом решается задача по минимизации утилизируемых объемов буровых растворов системы Катбурр. Строительство скважин на АстрГКМ можно разделить на 4 этапа: 1-й этап – бурение надсолевого разреза и спуск 1-й технической колонны, 2-й этап – бурение солевого разреза и спуск 2-й технической колонны, 3-й этап – бурение надпродуктивного слоя и спуск эксплуатационной колонны, 4-й этап – бурение подсолевого продуктивного разреза и освоение (открытый ствол).

В настоящее время, при строительстве эксплуатационных скважин на Астраханском ГКМ, широко используются поликатионные буровые растворы Катбурр [1-6]. Бурение по каждому этапу производится разными модификациями Катбурр. Применение модификаций Катбурр позволило предотвратить наработку раствора в глинистых отложениях [1-3]. Однако из-за конструкции скважин и геолого-литологических особенностей разреза, переход от одной модификации к другой сопровождается накоплением избыточных объемов Катбурр по следующим причинам:

- из-за конструкции скважины, т.е. из-за уменьшения объема скважины после спуска очередной обсадной колонны по завершению каждого этапа;

- из-за разницы плотностей раствора в надсолевом, солевом и надпродуктивном интервалах;

- из-за приготовления свежего мелового бурового раствора для бурения продуктивного горизонта.

Отметим, что независимо от типа применяемого бурового раствора эти причины будут иметь место без заметного превосходства одного раствора над другим.

Конструкция скважин на АстрГКМ зависит от глубины вскрытия кровли солевых отложений (таблица 1).

Таблица 1 – Типовая конструкция скважин на АстрГКМ

Наименование обсадных колонн (интервала)	Диаметр/глубина спуска колонны по длине ствола, мм/м	Коэффициент кавернозности, Кк
Надсолевой разрез – тип раствора слабоминерализованный Катбурр, плотность раствора 1,30 г/см ³		
Направление	630/30	1,1
Кондуктор	426/350	1,1
1-я техническая колонна	324/L1	1,2
Солевой разрез – тип раствора высокоминерализованный утяжеленный Катбурр, плотность раствора 2,00 г/см ³		
2-я техническая колонна	244,5x250,8/3870	1,05
Надпродуктивный слой – тип раствора минерализованный Катбурр, плотность раствора 1,60 г/см ³		
Эксплуатационная	168,3/3940	1,05
Подсолевой (продуктивный) разрез – тип раствора меловой сероводородостойкий Катбурр		
Открытый ствол	140/L2	1,1

Бурение под 1-ю техническую колонну

Все скважины на АстрГКМ по сложности бурения можно разделить по глубине кровли солей (L1) на 3 категории: 1-я категория скважин – L1 = 800-1500 м, 2-я категория скважин – L1 = 1500-2500 м и 3-я категория скважин – L1 = 2500-3600 м.

Следовательно, объемы Катбурр для бурения надсолевого интервала и вывозимого на хранение после завершения 1-го этапа зависят от глубины спуска 1-й технической колонны (таблица 2).

После спуска колонны на глубину 1500, 2500 и 3600 м и ее цементирова-

ния на поверхности должно уместиться соответственно 264, 336 и 436 м³ слабоминерализованного Катбурр, что невыполнимо при имеющемся емкостном парке (таблица 2). Поэтому вывоз слабоминерализованного Катбурр необходимо организовать заранее, учитывая вместимость имеющихся в наличии емкостей.

Для бурения под 1-ю техническую колонну используют хранящийся старый или свежеприготовленный слабоминерализованный Катбурр. После окончания бурения интервала и спуска 1-й технической колонны избыточный объем слабоминерализованного раствора вывозится на хранение.

Таблица 2 – Объемы раствора при бурении под 1-ю техническую колонну

Глубина спуска колонны, м	Объем раствора, м ³			
	до спуска колонны		после спуска колонны	
	скважина+поверхность	всего	скважина+поверхность	всего
1-я категория скважин L1 = 800-1500 м				
L _i = 1500	214+160	374	110+264	374
2-я категория скважин L1 = 1500-2500 м				
L _i = 2500	360 + 160	520	184 + 336	520
3-я категория скважин L1 = 1500-2500 м				
L _i = 3600	521 + 180	701	265 + 436	701

Опыт работы на АстрГКМ показал, что слабоминерализованный Катбурр может использоваться при бурении многих скважин после необходимой «реанимации» путем химической обработки. Технологические показатели раствора при этом восстанавливаются до проектных значений. Перед вывозом на хранение поликатионные растворы рекомендуется обработать катионным сополимером Силфок2540С во избежание дестабилизации раствора во времени.

Фактический объем слабоминерализованного Катбурр, вывозимый на хранение, зависит от наличия соленасыщенного утяжеленного Катбурр.

Прогнозируемые объемы модифи-

каций Катбурр, подлежащие хранению, удобнее считать, начиная со 2-го этапа при строительстве скважин на АстрГКМ.

Бурение под 2-ю техническую колонну

Для бурения под 2-ю техническую колонну используют старый соленасыщенный утяжеленный Катбурр, после хранения и «реанимации» или свежеприготовленный из слабоминерализованного после разбавления, засолонения и утяжеления.

Расчетные объемы Катбурр по завершению надсолевого и бурения солевого разреза с учетом коэффициентов кавернозности приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Требуемые объемы Катбурр под 2-ю техническую колонну

Требуемый объем утяжеленного Катбурр, м ³ при L _i			Объем завезенного утяжеленного Катбурр, м ³ при L _i			Объем слабоминерализованного для приготовления утяжеленного Катбурр, м ³ при L _i			Объем слабоминерализованного Катбурр на хранение, м ³ при L _i		
1500	2500	3600	1500	2500	3600	1500	2500	3600	1500	2500	3600
1.1. Приготовление свежего соленасыщенного утяжеленного Катбурр											
587	573	512	-	-	-	234	230	204	374-234 = 140	520-230 = 290	701-204 = 497
1.2. Завоз соленасыщенного утяжеленного Катбурр											
587	573	512	587	573	512	-	-	-	374	520	701

При расчетах принято, что подошва галита находится на глубине 3870 м.

1-я категория скважин.

1.1. При $L_1 = 800 - 1500$ м, имеющийся слабоминерализованный Катбурр используется для приготовления соленасыщенного утяжеленного Катбурр для бурения солевого разреза.

Требуемый объем утяжеленного Катбурр для бурения солевого разреза находим как $V = V_{\text{СКВ}} + V_{\text{ПОВ}} + V_{\text{ПОТ}}$, где $V_{\text{СКВ}}$ – объем раствора в скважине, $V_{\text{ПОВ}}$ – объем раствора на поверхности, $V_{\text{ПОТ}}$ – объем раствора на потери.

При $L_1 = 1500$ м, $V = 282 + 150 + 155 = 587 \text{ м}^3$.

Для приготовления требуемого объема утяжеленного Катбурр используем 234 м^3 слабоминерализованного раствора, так как после разбавления водой в 1,5 раза (для снижения коллоидной фракции), засолонения до насыщения (увеличение объема в 1,08 раза) и утяжеления до плотности $2,0 \text{ г/см}^3$ (увеличение объема в 1,55 раза) получаем требуемый объем $V = 234 * 1,5 * 1,08 * 1,55 = 587 \text{ м}^3$.

Избыточный объем слабоминерализованного Катбурр $374 - 234 = 140 \text{ м}^3$ вывозится на хранение или на другие скважины. На утилизацию раствор не вывозится.

1.2. На скважину завозится соленасыщенный утяжеленный раствор, находящийся на хранении. В этом случае весь объем слабоминерализованного Катбурр 374 м^3 вывозится на хранение или на другие скважины. На утилизацию раствор не вывозится.

2-я категория скважин.

2.1. При $L_1 = 1500 - 2500$ м, имеющийся слабоминерализованный Кат-

бурр используется для приготовления соленасыщенного утяжеленного Катбурр для бурения солевого разреза.

При $L_1 = 2500$ м требуемый объем утяжеленного Катбурр для бурения солевого разреза составит: $V = 283 + 180 + 110 = 573 \text{ м}^3$.

Для приготовления требуемого объема утяжеленного Катбурр используем 230 м^3 слабоминерализованного раствора, так как после разбавления водой в 1,5 раза (для снижения коллоидной фракции), засолонения до насыщения (увеличение объема в 1,08 раза) и утяжеления до плотности $2,0 \text{ г/см}^3$ (увеличение объема в 1,55 раза) получаем требуемый объем $V = 230 * 1,5 * 1,08 * 1,55 = 578 \text{ м}^3$.

Избыточный объем слабоминерализованного Катбурр $520 - 230 = 290 \text{ м}^3$ вывозится на хранение или на другие скважины. На утилизацию раствор не вывозится.

2.2. На скважину завозится соленасыщенный утяжеленный раствор, находящийся на хранении. В этом случае весь объем слабоминерализованного Катбурр 520 м^3 вывозится на хранение или на другие скважины. На утилизацию раствор не вывозится.

3-я категория скважин.

3.1. При $L_1 = 2500 - 3600$ м, имеющийся слабоминерализованный Катбурр используется для приготовления соленасыщенного утяжеленного Катбурр для бурения солевого разреза.

При $L_1 = 3600$ м требуемый объем утяжеленного Катбурр для бурения солевого разреза составит: $V = 292 + 180 + 40 = 512 \text{ м}^3$.

Для приготовления требуемого объема утяжеленного Катбурр исполь-

зуюм 204 м³ слабоминерализованного раствора, так как после разбавления водой в 1,5 раза (для снижения коллоидной фракции), засолонения до насыщения (увеличение объема в 1,08 раза) и утяжеления до плотности 2,0 г/см³ (увеличение объема в 1,55 раза) получаем требуемый объем $V = 204 * 1,5 * 1,08 * 1,55 = 512 \text{ м}^3$.

Избыточный объем слабоминерализованного Катбурр 701 - 204 = 497 м³ вывозится на хранение или на другие скважины. На утилизацию раствор не вывозится.

3.2. На скважину завозится солена-сыщенный утяжеленный раствор, находящийся на хранении. В этом случае весь объем слабоминерализованного Катбурр 701 м³ вывозится на хранение или на другие скважины. На утилизацию раствор не вывозится.

Бурение под эксплуатационную колонну. Интервал бурения под эксплуатационную колонну характеризуется плотностью раствора 1,60 г/см³. Для приготовления Катбурр требуемой

плотности производят разбавление имеющегося утяжеленного раствора плотностью 2,00 г/см³ или завозится старый, находящийся на хранении. Экономически целесообразнее вывезти утяжеленный раствор плотностью 2,00 г/см³, а завозить старый плотностью 1,60 г/см³. Объем вывозимого утяжеленного Катбурр зависит от наличия раствора плотностью 1,60 г/см³ (таблица 4).

Необходимый объем раствора для бурения интервала 3870-3940 м под эксплуатационную колонну составляет $V = 156 + 150 + 40 = 346 \text{ м}^3$.

В случае приготовления Катбурр плотностью 1,60 г/см³ разбавлением из утяжеленного, используем 200 м³ утяжеленного раствора, разбавляем водой в 1,73 раза, вводим компоненты и получаем требуемый объем Катбурр плотностью 1,60 г/см³ для бурения интервала $V = 200 * 1,73 = 346 \text{ м}^3$.

Избыточный объем утяжеленного Катбурр 440 – 200 = 240 м³ вывозится на хранение или на другие скважины.

Таблица 4 – Требуемые объемы Катбурр под эксплуатационную колонну

Требуемый объем Катбурр плотностью 1,60 г/см ³ , м ³	Объем завезенного Катбурр плотностью 1,60 г/см ³ , м ³	Объем утяжеленного раствора для приготовления Катбурр плотностью 1,60 г/см ³ , м ³	Объем утяжеленного Катбурр на хранение, м ³
1.1. Приготовление Катбурр плотностью 1,60 г/см ³ разбавлением из утяжеленного			
346	-	200	440 – 200 = 240
1.2. Завоз Катбурр плотностью 1,60 г/см ³			
346	346	-	440

Если на скважину завозится Катбурр плотностью 1,60 г/см³, находящийся на хранении, то весь утяжеленный раствор плотностью 2,00 г/см³ в объеме 440 м³ вывозится на хранение или на другие скважины.

После окончания бурения под эксплуатационную колонну весь оставшийся Катбурр плотностью 1,60 г/см³ в объеме 306 м³ (с вычетом объема раствора на потери) вывозится на хранение или

на другие скважины. На утилизацию раствор не вывозится.

Бурение под открытый ствол (продуктивный). Интервал бурения 3940-4500 м, профиль ствола с горизонтальным окончанием. Бурение продуктивного горизонта осуществляется на свежеприготовленном меловом (или сидеритовом) Катбурр. При бурении продуктивного пласта имеют место поступления сероводорода в ствол скважины, поэтому раствор периодически обрабатывают нейтрализатором сероводорода.

Необходимый объем раствора для бурения продуктивного интервала 3940-4500 м составляет $V = 78 + 156 + 40 = 274 \text{ м}^3$. После окончания бурения открытого ствола и освоения, весь оставшийся меловой Катбурр в объеме 234 м^3 (с вычетом объема раствора на потери) вывозится. Обычно меловой Катбурр после окончания бурения продуктивного пласта подлежит утилизации, либо после дополнительной дообработ-

ки нейтрализатором сероводорода и каустической содой, вывозится на другую скважину для использования без длительного хранения.

До использования поликатионных растворов все избыточные объемы, накапливаемые в процессе строительства скважины, подлежали строго регламентированной утилизации. На основании промысловых результатов применения поликатионных модификаций Катбурр составлена таблица 5, где отражены объемы растворов, подлежащие хранению и утилизации.

Выполнение поставленной задачи возможно за счет наращивания емкостного парка для хранения буровых растворов. Так как для хранения используются различные модификации Катбурр от неутяжеленных до утяжеленных плотностью 2,00-2,20 г/см^3 , то необходимо, чтобы емкости были обвязаны с буровыми насосами для осуществления периодических перемешиваний во избежание осаждения утяжелителя.

Таблица 5 – Объемы растворов, подлежащие хранению и утилизации по конкретной скважине

Этап	Объем Катбурр, м^3				Итого объем, м^3 на	
	слабоминерализованный	утяжеленный	минерализованный	меловой	хранение	утилизацию
1-й (надсолевой)	374 при L1=1500 м				max 701	
	520 при L1=2500 м				440	-
	701 при L1=3600 м				306	
2-й (солевой)		440				
3-й (надпродуктивный)			306			
4-й (продуктивный)				234		234
Всего, м^3					max1447	234

В настоящее время, АО «Бургаз» филиал «Астрахань бурение» имеет в наличии емкостной парк для хранения и повторного использованного Катбурр вместимостью около 900 м³, обвязанный с буровыми насосами, что недостаточно.

По нашим расчетам, для хранения и повторного использования Катбурр на АстрГКМ, на данный момент необходимо иметь емкостной парк вместимостью 1400-1500 м³. С учетом наращивания объемов бурения в 5-6 раз емкостной парк необходимо увеличить в 2-3 раза.

Выводы

1. Строительство скважин на АстрГКМ осуществляется с использованием поликатионных буровых растворов, позволяющих предотвратить наработку, снизить буровые отходы и минимизировать осложнения.

2. Для предотвращения утилизации буровых растворов и снижения экологической нагрузки на окружающую среду рекомендуется увеличить вместимость емкостного парка для хранения и повторного использования поликатионных буровых растворов.

Библиографический список

1. Гайдаров А.М., Хуббатов А.А., Гайдаров М.М-Р. Опыт применения модификации Катбурр на Астраханском газоконденсатном месторождении // Инженер-нефтяник. 2018. № 2. С. 15-21.

2. Гайдаров А.М., Хуббатов А.А., Норов А.Д., Гайдаров М.М-Р. и др. Применение поликатионных буровых растворов на Астраханском ГКМ // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. 2016. № 2. С. 20-23.

3. Гайдаров А.М., Хуббатов А.А., Храбров Д.В., Жирнов Р.А., Сутырин А.В., Гайдаров М.М-Р. Поликатионные системы Катбурр – новое направление в области буровых растворов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2017. № 7. С. 36-49.

4. Хуббатов А.А., А.М. Гайдаров, Норов А.Д., Гайдаров М.М-Р. Ингибирующие буровые растворы и устойчивость глинистых пород // Нефтяное хозяйство. 2015. № 5. С. 64-69.

5. Гайдаров А.М., Хуббатов А.А., Норов А.Д., Гайдаров М.М-Р. Опыт применения утяжеленных катионных буровых растворов // Нефтяное хозяйство. 2016. № 9. С. 44-48.

6. Гайдаров А.М., Хуббатов А.А., Храбров Д.В., Норов А.Д., Гайдаров М.М-Р., Касымов К.Б., Поповичев Р.А., Солнышкин Г.Д., Петросян Ф.Р. Опыт применения поликатионного мелового раствора на Астраханском ГКМ // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2019. № 3. С. 30-34.

7. Регламент по применению буровых растворов при строительстве эксплуатационных скважин на Астраханском ГКМ. ОАО «Газпром»: ООО «Газпром добыча Астрахань», Инженерно-технический центр, 2010. – 40 с.

References

1. Gajdarov A.M., Hubbatov A.A., Gajdarov M.M-R. Opyt primeneniya modifikacii Katburr na Astrahanskom gazokondensatnom mestorozhdenii // Inzhener-neftyanik. 2018. № 2. S. 15-21.

2. Gajdarov A.M., Hubbatov A.A., Norov A.D., Gajdarov M.M-R. i dr. Primenenie polikationnyh burovyh rastvorov na Astrahanskom GKM // Vestnik asociacii burovyh podryadchikov. 2016. № 2. S. 20-23.

3. Gajdarov A.M., Hubbatov A.A., Hrabrov D.V., ZHirnov R.A., Sutyryn A.V., Gajdarov M.M-R. Polikationnye sistemy Katburr – novoe napravlenie v oblasti burovyh ras-tvorov // Stroitel'stvo neftnyah i gazovyh skvazhin na sushe i na more. 2017. № 7. S. 36-49.

4. Hubbatov A.A., A.M. Gajdarov, Norov A.D., Gajdarov M.M-R. Ingibiruyushchie buro-vye rastvory i ustojchivost' glinistyh porod // Neftyanoe hozyajstvo. 2015. № 5. S. 64-69.

5. Gajdarov A.M., Hubbatov A.A., Norov A.D., Gajdarov M.M-R. Opyt primeneniya utyazhelennyh kationnyh burovyh rastvorov // Neftyanoe hozyajstvo. 2016. № 9. S. 44-48.

6. Gajdarov A.M., Hubbatov A.A., Hrabrov D.V., Norov A.D., Gajdarov M.M-R., Kasy-mov K.B., Popovichev R.A., Solnyshkin G.D., Petrosyan F.R. Opyt primeneniya polikation-nogo melovogo rastvora na Astrahanskom GKM // Stroitel'stvo neftnyah i gazovyh skvazhin na sushe i na more. 2019. № 3. S. 30-34.

7. Reglament po primeneniyu burovyh rastvorov pri stroitel'stve ekspluatacion-nyh skvazhin na Astrahanskom GKM. OAO «Gazprom»: OOO «Gazprom dobycha Astrahan'», Inzhenerno-tehnicheskij centr, 2010. – 40 s.

Статья поступила 04.11.2020 г.

© М.М-Р. Гайдаров, А.М. Гайдаров, А.А. Хуббатов, 2021

Сведения об авторах
List of Authors

Гайдаров Миталим Магомед-Расулович – доктор технических наук, начальник лаборатории разработки технологических жидкостей для бурения и ремонта скважин ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Mitalim Gaidarov – Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory for Development of Process Fluids for Drilling and Well Workover, Gazprom VNIIGAZ LLC.

Гайдаров Азамат Миталимович – младший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Azamat Gaidarov – Junior Researcher, Gazprom VNIIGAZ LLC.

Хуббатов Андрей Атласович – кандидат технических наук, заместитель начальника лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Andre Khubbatov – Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of the Laboratory, Gazprom VNIIGAZ LLC.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УСТАНОВКИ ОБСАДНЫХ КОЛОНН ПО ТЕХНОЛОГИИ МОНОДИАМЕТРА

Е.Е. Шмончева, Г.В. Джаббарова

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
Баку
elena_drill@mail.ru*

Аннотация. В статье представлено описание разработанных технических устройств для крепления обсадных колонн по технологии монодиаметра. Как показали исследования, известные на сегодняшний день центраторы, не могут обеспечить центрирование обсадной колонны в условиях формирования монодиаметра, а отсутствие расширителей двойного действия не позволяет сформировать скважину одного проходного диаметра. Поэтому была поставлена и решена задача создания конструкции центратора для расширяющихся обсадных колонн и расширяющего устройства.

Abstract. The article presents a description of the developed technical devices for casing strings fastening using the mono-diameter technology. Studies have shown that currently known centralizers cannot provide casing centering in conditions of mono-diameter formation, and the absence of double-acting reamers does not allow the formation of a well of one bore diameter. Therefore, the task of creating a centralizer design for expanding casing strings and an expanding device was set and solved.

Ключевые слова: монодиаметр, расширяющиеся трубы, расширяющийся центратор, расширитель двойного действия, обсадные трубы, крепление скважин.

Keywords: monodiameter, expandable pipes, expandable centralizer, double-acting reamer, casing, well casing.

Введение

Технология монодиаметра основана на применении современных обсадных труб, способных к расширению в стволе скважины под механическим воздействием специальной системы с расширительным конусом [1]. Трубы увеличивают свой внутренний и наружный диаметр на 25-30% от первоначального диаметра. Они изготовлены из

специальных марок стали типа VM50ET, VM80ET, VM50BET [2].

В соответствии с технологией одного проходного диаметра открытый ствол скважины предварительно расширяется перед спуском следующей расширяемой обсадной трубы и становится больше внутреннего диаметра предыдущей колонны. Затем в расширенном стволе скважины расширяют саму об-

садную колонну. При этом необходимо обеспечить центрирование расширяемой колонны для качественного ее цементирования в скважинах любой конфигурации.

Как показали исследования, известные на сегодняшний день центраторы не могут обеспечить положение обсадной колонны точно по центру ствола скважины в условиях формирования монодиаметра.

Чтобы получить скважину одного проходного диаметра нужно сделать за один рейс два расширения. На первом этапе надо расширить одну трубу в нижней части колонны в виде колокола, а на втором этапе расширять остальные трубы при движении расширителя снизу вверх. Необходимо разработать специальный расширитель.

Теоретические исследования

Были исследованы патентные материалы в области центраторов для обсадных колонн. Значительный интерес вызвал расширяемый пружинный центратор (патент EP2578796A2), который содержит дугообразные пружинные планки, верхние и нижние концы которых с помощью подвижных звеньев прикреплены к расширяющимся кольцам [3].

Недостатком этого центратора является сложная конструкция, низкая надежность установки его на гладкой поверхности обсадных труб, а так же тот факт, что планки не удерживают колонну труб в центре скважины ни при спуске, ни при расширении.

Вторым центратором, который вызвал наш интерес, является центратор расширяемый пружинный (патент WO2009014865 (A1)). Этот центратор

имеет корпус с дуговыми пружинными планками, которые находятся в сжатом состоянии с помощью сжимающих хомутов [4].

Недостатком этого расширяемого центратора является ненадежность установки его на гладкой поверхности обсадных труб, отсутствие центрирования колонны во время спуска, опасность создания аварийной ситуации при попадании упавшего стягивающего хомута на забой скважины.

В связи с этим был разработан специальный центратор, который обеспечивает удержание обсадных колонн в центре скважины при спуске, расширении и цементировании по технологии монодиаметра.

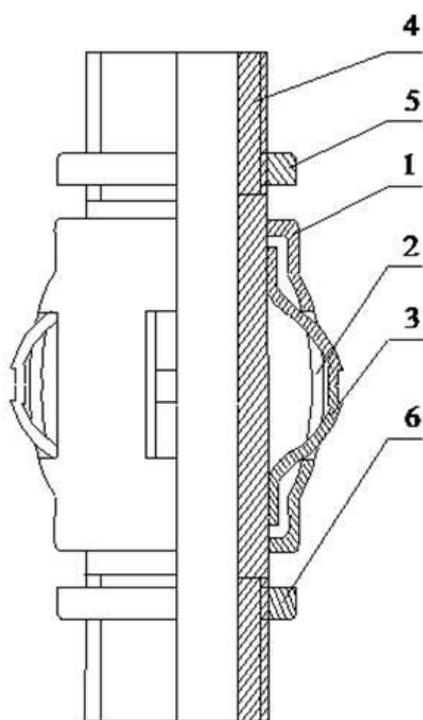
Центратор состоит из расширяемого полого корпуса. Корпус имеет прорезные окна. В эти окна-прорезы вставляются упругие опорные планки. Планки могут свободно перемещаться внутри корпуса и соприкасаются с патрубком, который находится внутри корпуса. Патрубок имеет на верхнем и нижнем концах резьбу, на которую навинчиваются стопорные кольца, фиксирующие корпус центратора. Все детали, кроме планок, изготовлены из расширяющейся стали [5].

Конструктивное сочетание упругих опорных планок со свободным перемещением и применение расширяемых материалов при изготовлении отдельных деталей устройства позволило решить поставленную задачу. Упругие планки изготовлены из нерасширяющейся стали. Они обеспечивают расположение обсадной колонны по центру в необсаженном стволе скважины.

На рисунке 1 показан общий вид разработанного центратора, а на рисун-

ке 2 представлен центратор и его составные части.

При сборке центратора на патрубок следует навернуть нижнее стопорное кольцо. После этого на патрубок сверху насаживают корпус центратора до касания со стопорным кольцом и в прорез-



ные окна вставляют упругие планки. Следующим шагом наворачивают второе верхнее стопорное кольцо, которое зафиксирует на патрубке корпус центратора.

Собранное устройство устанавливают между обсадными трубами путем завинчивания на резьбу. Диаметр установленного центратора с упругими планками больше внутреннего диаметра предыдущей обсадной колонны. При прохождении в этой колонне планки будут прижиматься к патрубку, уменьшая диаметр центратора, в открытом и расширенном стволе они будут раскрываться и скользить по стенкам скважины. В открытом стволе планки будут удерживать обсадную колонну по центру скважины.

Рисунок 1 – Общий вид расширяемого центратора

1 – корпус, 2 - прорезные окна, 3 - планки, 4 - патрубок, 5, 6 - кольца

Второе устройство – расширитель для обсадных колонн. Устройство для прямого расширения круглой стальной трубы из расширяемого материала.

Были исследованы различные конструкции похожих расширителей. Недостатком этих устройств является невозможность расширения круглой стальной трубы из расширяемого материала и создание двойного расширения колонны обсадных труб для строительства скважины одного диаметра.

Для решения этой задачи было создано устройство для эффективного двойного расширения круглых стальных обсадных труб при строительстве скважин одного проходного диаметра [6].

Расширитель состоит из цилиндри-

ческого корпуса с круглым отверстием посередине, который крепится к буровым трубам через полуштангу, проходящую через верхнюю часть корпуса. Вверху корпуса расположен поршень, установленный на штоке.

Когда поршень движется вниз, он образует гидравлическую камеру, соединенную со штоком и обратными клапанами.

На нижней поверхности поршня прикреплен конус переменного диаметра с возможностью вращения вокруг своей оси. Стальные шарики выступают из отверстий корпуса, которые удерживаются самими отверстиями и ребрами конуса, и могут свободно вращаться.

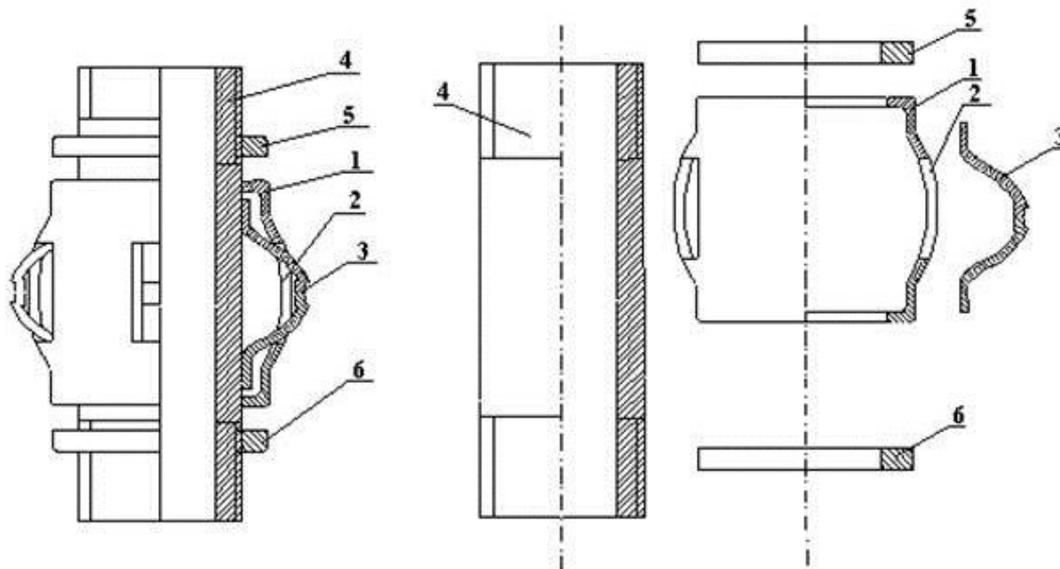


Рисунок 2 – Детали расширяемого центратора

Это устройство позволяет создавать двойное расширение обсадных колонн. На рисунке 3 представлен предлагаемый расширитель для труб, а на рисунке 4 показан расширитель для труб в рабочем состоянии.

Рисунок 3 – Конструкция расширителя
 1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – шток; 4 – поршень; 5 – обратные клапаны (4 шт.); 6 – фигурный конус; 7, 8, 9 – канавки поршня; 10 – седла для шарика; 11 – стальные шары; 12 – гидравлическая камера

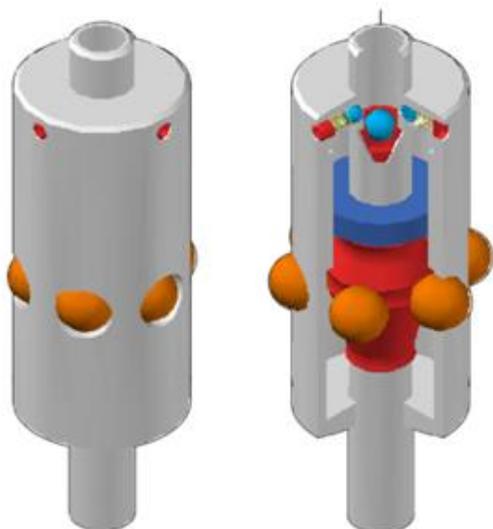
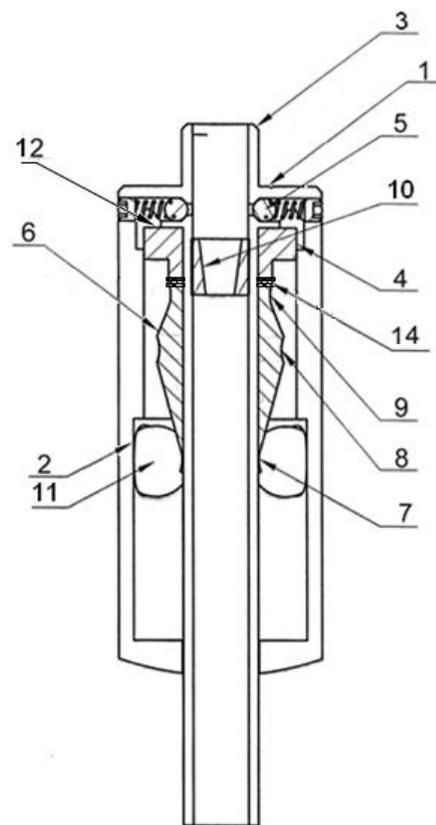


Рисунок 4 – Расширитель для обсадных колонн

Новизна изобретения заключается в том, что использование предлагаемого расширителя стальных труб позволяет создавать двойное расширение при бурении и креплении нефтяных, газовых и других скважин по технологии монодиаметра.

Устройство работает следующим образом. В исходном положении гидравлическая камера, представляющая собой объем внутренней полости корпуса между клапанами и верхней плоскостью поршня, имеет минимальный объем. Стальные сферы расположены вокруг конуса в канавке на наименьшем диаметре.

После операции закачки раствора в скважину через стержень, помещенный в корпус, выбрасывается, который садится в седло и закрывает центральный канал стержня. Буровой раствор оказывает давление на поршень, который движется вниз, увеличивая объем гидравлической камеры и толкая фигурный конус вниз. Стальные сферы выталкиваются из отверстий на максимальное расстояние и располагаются в самой маленькой канавке конуса вдоль самого большого диаметра.

Подача бурового раствора приостановлена. За счет вращения корпуса и одновременного подъема устройства стальная труба круглого сечения длиной 12-24 м расширяется до макси-

мального диаметра (первая стадия расширения).

Затем возобновляется подача бурового раствора. Буровой раствор поступает в гидравлическую камеру через обратные клапаны, увеличивает свой объем и оказывает давление на поршень. Поршень толкает конус вниз, стальные шары располагаются в небольшой канавке на малом диаметре конуса и выдвигаются вперед на небольшое расстояние из отверстий. Подача бурового раствора приостанавливается. За счет вращения корпуса и подъема устройства стальная труба круглого сечения расширяется до меньшего диаметра по всей оставшейся длине (вторая стадия расширения).

Заключение

При использовании расширяемого центратора обеспечивается надежность крепления центратора к обсадной трубе и повышается эксплуатационная надежность скважины, обеспечивающая эффективное центрирование и исключение аварийной ситуации при строительстве наклонных и горизонтальных скважин по технологии монодиаметра.

Использование предлагаемого расширителя обсадных стальных труб круглого сечения позволяет создать двойное расширение по монодиаметровой технологии.

Библиографический список

1. Мамедтагизаде А.М., Шмончева Е.Е., Бабаев Э.Ф. Исследование современной технологии и техники крепления скважин на основе технологии монодиаметра // Вестник Азербайджанской инженерной академии. 2012. Т. 4. № 2. С. 43-49.
2. http://www.vmtubes.ru/technologies/section_10/.
3. Expandable centralizer for expandable pipe string. file:///C:/Users/USER/Desktop/EP2578796A2.pdf.
4. Apparatus for and method of deploying a centralizer installed on an expandable casing string. <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2009014865A1&>

KC=A1&FT=D

5. Мамедтагизаде А.М., Бабаев Э.Ф., Шмончева Е.Е. и др. Патент на полезную модель «Центратор для обсадных колонн». F20150003. Патент Азербайджанской Республики. 2015.

6. Салаватов Т.Ш., Донг Хи Канг, Шмончева Е.Е., Джаббарова Г.В. Расширитель для труб. Промышленная собственность. Официальный бюллетень. Баку. 2019. № 6. С. 22-23.

References

1. Mamedtagizade A.M., Shmoncheva E.E., Babaev E.F. Issledovanie sovremennoj tekhnologii i tekhniki krepleniya skvazhin na osnove tekhnologii monodiametra // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii. 2012. T. 4. № 2. S. 43-49.

2. http://www.vmtubes.ru/technologies/section_10/.

3. Expandable centralizer for expandable pipe string. file:///C:/Users/USER/Desktop/EP2578796A2.pdf.

4. Apparatus for and method of deploying a centralizer installed on an expandable casing string. <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2009014865A1&KC=A1&FT=D>

5. Mamedtagizade A.M., Babaev E.F., Shmoncheva E.E. i dr. Patent na poleznuyu mo-del' «Centrator dlya obsadnyh kolonn». F20150003. Patent Azerbajdzhanskoj Respubliki. 2015.

6. Salavatov T.SH., Dong Hi Kang, Shmoncheva E.E., Dzhabbarova G.V. Rasshiritel' dlya trub. Promyshlennaya sobstvennost'. Oficial'nyj byulleten'. Baku. 2019. № 6. S. 22-23. Ye.Ye. Shmoncheva, G.V. Jabbarova

Статья поступила 13.06.2021 г.

© Е.Е. Шмончева, Г.В. Джаббарова, 2021

Сведения об авторах List of Authors

Шмончева Елена Евгеньевна – кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазовой инженерии Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности.

Elena Shmoncheva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas engineering of the Azerbaijan State Oil and Industry University.

Джаббарова Гюллю Валех кызы – кандидат технических наук, доцент кафедры производственной безопасности и охраны труда Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности.

Gullu Jabbarova – Associate Professor of the Department of Industrial safety and labor protection of the Azerbaijan State Oil and Industry University.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В КАЧЕСТВЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕРМИСТОРОВ

Д.Э. Арсланов, М.А. Махмудов

Дагестанский государственный технический университет
Махачкала
djavad44@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены жидкие полупроводниковые системы и перспективы их практического использования в качестве термоэлементов. Исследована электропроводность сплавов систем $\text{GeSe} - \text{Sb}_2\text{Se}_3$ и $\text{GeSe} - \text{Bi}_2\text{Se}_3$. Предложен состав сплавов, используемых в качестве высокочувствительных и высокотемпературных термисторов.

Abstract. Considered are liquid semiconductor systems and the prospects for their practical use as thermoelements. The electrical conductivity of the $\text{GeSe} - \text{Sb}_2\text{Se}_3$ and $\text{GeSe} - \text{Bi}_2\text{Se}_3$ alloys has been studied. The composition of alloys used as high-sensitivity and high-temperature thermistors is proposed.

Ключевые слова: расплав полупроводника, халькогениды, температурный коэффициент сопротивления, электропроводность, жидкий полупроводник.

Keywords: semiconductor melt, chalcogenides, temperature coefficient of resistance, electrical conductivity, liquid semiconductors.

Введение

В последнее время необычайно возрос интерес к неупорядоченным системам, в частности, к расплавам полупроводников [1]. Прежде всего, необходимо отметить общенаучное значение исследования свойств расплавов для развития физики и физической химии жидкого состояния. Намечается широкая область их практического примене-

ния, в частности, при решении проблемы прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. При этом следует ориентироваться на сложные полупроводниковые сплавы между полупроводниковыми элементами и соединениями и, в первую очередь, на сложные растворы [1].

Халькогениды элементов IV и V групп периодической системы сохраня-

ют полупроводниковые свойства выше температуры плавления и могут быть перспективными в качестве основы сплавов для материалов, используемых при производстве термоэлементов [3].

Жидкие полупроводники используются при разрешении проблемы прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. При отсутствии конвекции атомная теплопроводность жидких полупроводников может быть значительно ниже, чем твердых. В то же время, значения термо-ЭДС и электропроводности расплавов могут быть в жидкой фазе не ниже, чем в твердой. Пределы службы твердых полупроводников ограничиваются верхним температурным пределом возможности их применения, выше которого они теряют свои свойства.

Исследование расплавов жидких полупроводников

При использовании жидких полупроводников имеется реальная возможность существенно поднять верхний температурный предел. Для жидких полупроводников характерна высокая стабильность параметров в условиях проникающего излучения, а также низкая чувствительность свойств к добавкам различного рода примесей. Все это, с учетом высокой температуры использования, а также при оптимальной величине температурного коэффициента сопротивления, делает жидкие полупроводники не только конкурентоспособными, но и в ряде случаев незаменимыми по сравнению с классическими активными веществами термодатчиков.

Теплозависимые сопротивления или термисторы уже давно получили широкое распространение в различных

областях техники – в автоматике и телемеханике, радиотехнике, электротехнике, электроприборостроении и др. Термосопротивления являются приборами многоцелевого назначения [4]. С применением термосопротивления можно надежно и просто организовать дистанционное и централизованное измерение температур, тепловой контроль машин и механизмов, температурную компенсацию элементов электрической цепи, измерение вакуума, измерение скоростей движения потоков жидкостей и газов.

Очевидно, что указанные примеры с достаточной степенью полноты отражают популярность приборов этого типа в современной технике. Однако следует заметить, что к настоящему времени наметился разрыв между требованиями, предъявляемыми областями новой техники к термосопротивлению, и возможностями приборов, выпускаемых промышленностью. В частности, современную технику и практику научного эксперимента уже не устраивает ограниченный температурный диапазон применения современных приборов. Достаточно сказать, что максимальная температура применения термодатчиков ограничена 300°C , что обусловлено, главным образом, нестабильностью термочувствительного материала при более высоких температурах. Поэтому исследования, направленные на поиск новых полупроводниковых материалов, обладающих высокой рабочей температурой и значительным температурным коэффициентом сопротивления, является задачей сегодняшнего дня. Тем более, что промышленность использует пока весьма узкий круг веществ, ограничиваясь исключительно окисными си-

стемами.

С учетом сказанного, весьма привлекательными объектами для использования в качестве рабочего тела термосопротивления являются жидкие полупроводниковые системы. Уже известны примеры использования жидких полупроводников в рассмотренных приборах. Так, авторы работы [3] предлагают использовать расплав сульфида таллия (Tl_2S) в качестве рабочего тела высокотемпературного термистора. Однако предложенный состав, к сожалению, не обладает достаточно высокими значениями температурного коэффициента сопротивления (всего 1,5%/град.) и при повышении температуры склонен к диссоциации, что, естественно, отражается на стабильности

характеристик приборов.

Проведен анализ ранее полученных экспериментальных результатов по электропроводности исследованных расплавов [1] с точки зрения величины их температурного коэффициента сопротивления и интервала температур возможного применения. Расчет температурного коэффициента сопротивления проводился в соответствии с выражением:

$$\alpha = \left(\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{T_2 - T_1} \right) \sigma_1^{-1} 100\% ,$$

где σ_1 и σ_2 – значения проводимостей соответственно при температурах T_1 и T_2 .

Результаты расчета представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Значения температурного коэффициента сопротивления в жидкой фазе для системы $GeSe - Sb_2Se_3$

Состав	Температура ликвидуса, °С	α ,%/град
$GeSe$	670	0,84
90мол.% $GeSe$ – 10мол.% Sb_2Se_3	625	1,00
80мол.% $GeSe$ – 20мол.% Sb_2Se_3	565	1,40
70мол.% $GeSe$ – 30мол.% Sb_2Se_3	505	1,91
60мол.% $GeSe$ – 40мол.% Sb_2Se_3	435	2,50
50мол.% $GeSe$ – 50мол.% Sb_2Se_3	465	6,14
40мол.% $GeSe$ – 60мол.% Sb_2Se_3	500	3,06
30мол.% $GeSe$ – 70мол.% Sb_2Se_3	525	1,78
20мол.% $GeSe$ – 80мол.% Sb_2Se_3	550	1,20
10мол.% $GeSe$ – 90мол.% Sb_2Se_3	585	0,75
Sb_2Se_3	612	0,22

Таблица 2 - Значения температурного коэффициента сопротивления в жидкой фазе для системы $GeSe - Bi_2Se_3$

Состав	Температура ликвидуса, °С	α ,%/град
Bi_2Se_3	706	0,48
90мол.% Bi_2Se_3 – 10мол.% $GeSe$	690	0,49
80мол.% Bi_2Se_3 – 20мол.% $GeSe$	675	0,60
70мол.% Bi_2Se_3 – 30мол.% $GeSe$	650	1,00
60мол.% Bi_2Se_3 – 40мол.% $GeSe$	625	1,80
50мол.% Bi_2Se_3 – 50мол.% $GeSe$	575	2,20
40мол.% Bi_2Se_3 – 60мол.% $GeSe$	565	2,50
30мол.% Bi_2Se_3 – 70мол.% $GeSe$	565	2,50
20мол.% Bi_2Se_3 – 80мол.% $GeSe$	605	1,80
10мол.% Bi_2Se_3 – 90мол.% $GeSe$	640	1,30
$GeSe$	670	0,84

Выводы

Наибольшими значениями температурного коэффициента сопротивления обладают сплавы составов 50мол.% $GeSe$ – 50мол.% Sb_2Se_3 , 40мол.% $GeSe$ – 60мол.% Sb_2Se_3 , а в системе $GeSe - Bi_2Se_3$ – сплавы составов 60мол.% $GeSe$ – 40мол.% Bi_2Se_3 и 70мол.% $GeSe$ – 30мол.% Bi_2Se_3 , что позволяет рекомендовать их в качестве высокочувствительных и высокотемпе-

ратурных термисторов [4].

Сплавы, рекомендуемые в качестве термочувствительного элемента датчика, отличаются от используемого термочувствительного элемента более широким температурным интервалом использования и большой термической стабильностью, а также значительно возросшими абсолютными величинами температурного коэффициента сопротивления, что обеспечивает повышенную чувствительность приборов на их основе.

Библиографический список

1. Арсланов Д.Э., Махмудов М.А. Исследование электрофизических свойств расплавов полупроводников системы $A^{IV}B^{VI} - A_2^VB_3^{VI}$ // Состояние и перспективы развития термоэлектрического приборостроения Махачкала: материалы IV всероссийской научно-технической конференции. – Махачкала: ДГТУ, 2013. С.101-103.
2. Арсланов Д.Э., Махмудов М.А. Расчет энергии активации расплавов в системе $GeSe - Sb_2Se_3$ // Неделя науки ДГТУ: сборник тезисов докладов XXX итоговой научно-

технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. – Махачкала: ДГТУ, 2009. С. 432-433.

3. Глазов В.М., Айвазов А.А. и др. Авторское свидетельство ДСП №435462, 1976.

4. Арсланов Д.Э., Махмудов М.А. Возможности использования жидких полупроводниковых систем $GeSe - Sb_2Se_3$ и $GeSe - Bi_2Se_3$ в качестве высокотемпературных термосопротивлений // Неделя науки ДГТУ: сборник тезисов докладов XXXVI итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. – Махачкала: ДГТУ, 2015. С 280-281.

References

1. Arslanov D.E., Mahmudov M.A. Issledovanie elektrofizicheskikh svoystv rasplavov poluprovodnikov sistemy $A^{IV}B^{VI} - A_2^VB_3^{VI}$ // Sostoyanie i perspektivy razvitiya termoelektricheskogo priborostroeniya Mahachkala: materialy IV vserossiyskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii. – Mahachkala: DGTU, 2013. S.101-103.

2. Arslanov D.E., Mahmudov M.A. Raschet energii aktivacii rasplavov v sisteme $GeSe - Sb_2Se_3$ // Nedelya nauki DGTU: sbornik tezisov dokladov XXX itogovoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii prepodavatelej, sotrudnikov, aspirantov i studentov DGTU. – Mahachkala: DGTU, 2009. S. 432-433.

3. Glazov V.M., Ajvazov A.A. i dr. Avtorskoje svidetel'stvo DSP №435462, 1976.

4. Arslanov D.E., Mahmudov M.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya zhidkikh poluprovodnikovyx sistem $GeSe - Sb_2Se_3$ i $GeSe - Bi_2Se_3$ v kachestve vysokotemperaturnyx termosoprotivlenij // Nedelya nauki DGTU: sbornik tezisov dokladov XXXVI itogovoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii prepodavatelej, sotrudnikov, aspirantov i studentov DGTU. – Mahachkala: DGTU, 2015. S 280-281.

Статья поступила 14.04.2021 г.
© Д.Э. Арсланов, М.А. Махмудов, 2021

Сведения об авторах List of Authors

Арсланов Джавад Эмирович – кандидат технических наук, доцент кафедры физики Дагестанского государственного технического университета.

Javad Arslanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics, Daghestan State Technical University.

Махмудов Магомед Ахмедович – старший преподаватель кафедры физики Дагестанского государственного технического университета.

Magomed Makhmudov – Senior Lecturer of the Physics Department, Daghestan State Technical University.

УСКОРЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В МИКРОПРОЦЕССОРАХ

А.И. Семиляк, М.Н. Гайдаров

Дагестанский государственный технический университет, Махачкала
asemilyak@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ использования итерационного алгоритма последовательного приближения, используемого при вычислении аргументов сложных функций. При вычислении тригонометрических функций и операций преобразования координат алгоритм выполняет простые операции сложения и сдвига. При использовании предварительно вычисленных табличных значений алгоритм дает возможность решать сложные задачи в системах с относительно небольшими вычислительными ресурсами.

Abstract. The analysis of the use of the iterative sequential approximation algorithm used in calculating the arguments of complex functions is carried out. When calculating trigonometric functions and coordinate transformation operations, the algorithm performs simple addition and shift operations. When using pre-calculated tabular values, the algorithm makes it possible to solve complex problems in systems with relatively small computing resources.

Ключевые слова: алгоритм, функция, операция, вычисление, итерация, преобразование, режим.

Keywords: algorithm, function, operation, computation, iteration, transformation, mode.

Введение

Встроенный в процессор математический ускоритель, предназначенный для вычисления тригонометрических, логарифмических и гиперболических функций, необходим при управлении двигателями, контроле и управлении параметрами электроснабжения, а также при использовании искусственного интеллекта.

При расчете параметров трансцендентных функций необходимо выполнять большой объем вычислений. Даже

в процессорах, имеющих в наличии математические библиотеки и аппаратные модули вычислений с плавающей точкой, вычисления занимают много времени при полном использовании ресурсов центрального процессора. Во время отслеживания большого количества параметров и событий в системах управления необходимо уменьшать время вычислений, жертвуя при этом точностью. Применение итерационного алгоритма последовательного приближения, в котором для вычисления тригономет-

рических функций и осуществления операций преобразования координат используются только простые операции сложения и сдвига, дает возможность решения этих сложных задач.

Методы ускорения вычислений в микропроцессорах

Число итераций совпадает с разрядностью результата: вычисления результата могут проводиться как с 8-разрядной, так и с 32-разрядной точностью. Несмотря на свою простоту в плане выполнения базовых операций, таких как сложение и сдвиг, алгоритм позволяет вычислять тригонометрические, гиперболические и показательные функции [1].

Ускоритель из-за отсутствия в нем операций умножения прост для аппаратной реализации, в то время как использование аппаратных умножителей сильно усложняет их реализацию из-за сложности схемы. Ускоритель выполняет вычисления в формате с фиксированной точкой и несложен для применения, так как результаты вычислений просто отображаются в регистрах результатов, отображаемых в пространство памяти микроконтроллера. Также доступны для использования режимы прерываний, прямого доступа к памяти и потоковых операций. Поддерживается также аппаратное ускорение вычисления трансцендентных математических функций, которые широко используются при управлении двигателями, обработке сигналов и т.д.

По сравнению со стандартными математическими библиотеками программная реализация ускорителя для 32-разрядных процессоров имеет объем всего около 1 кбайт. При этом про-

изводительность вычислений сравнима с процессорами с плавающей точкой. Ускоритель использует один из форматов: $q1.31$ или $q1.15$.

При циклическом режиме работы алгоритм ускорителя сходится со скоростью одного двоичного разряда за итерацию. Это означает, что для достижения 16-битной точности требуется 16 итераций. В течение одного системного цикла процессора производится выполнение четырех итераций.

На рисунке 1 показана зависимость ошибки вычислений в ускорителе в различных режимах работы от числа итераций алгоритма расчетов с входными данными в 16- и 32-разрядных форматах [1].

Запуск ускорителя начинается после записи значений аргументов во входные регистры. В то время как осуществляются процедуры вычислительных итераций, возможна операция записи новых значений во входные регистры. Как только результаты считаются из регистра RDATA будет запущена следующая операция с новыми входными данными. Таким образом, время, расходуемое на ожидание завершения операции, можно использовать для подготовки аргументов для следующей операции (рисунок 2). Ускоритель не тратит время на процесс ожидания, а центральный процессор постоянно получает поток вычисленных результатов, что ведет к повышению производительности системы [2].

Преимущества ускорителя следующие: увеличивается скорость и точность вычисления тригонометрических, логарифмических и гиперболических функций; упрощается решение задач

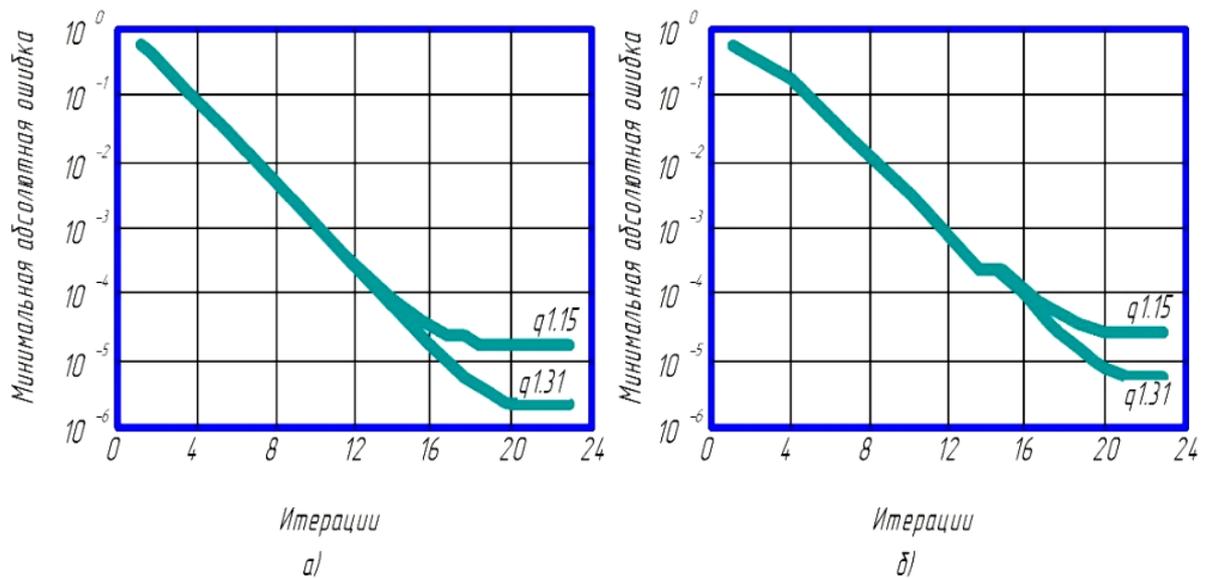


Рисунок 1 – Зависимость ошибки вычислений в полярном (а) и гиперболическом (б) режимах от количества итераций



Рисунок 2 – Поточковые операции в режиме с нулевыми издержками

управления и контроля электроснабжения как переменного, так и постоянного тока, а также задач обработки сигналов и искусственного интеллекта.

Заклучение

Таким образом, ускорение вычислений в микропроцессоре достигается за счет использования формата с фиксированной точкой и отображения в регистрах результатов, передаваемых в

пространство памяти микроконтроллера. Активно используются также режимы прерываний, прямого доступа к памяти и потоковых операций, поддерживается аппаратное ускорение вычислений трансцендентных математических функций. Важно, что ускоритель не тратит время на ожидания, а процессор загружен потоком вычисленных результатов, что ведет к повышению общей производительности системы.

Библиографический список

1. Hsiao, S.F. and Delosme, J.M., "The CORDIC Householder Algorithm," Proceedings of the 10th Symposium on Computer Arithmetic, pp. 256-263, 1991.
2. Knapp, S. K. "XC4000E Edge triggered and Dual Port RAM Capability," Xilinx application note, August 11, 1995.

References

1. Hsiao, S.F. and Delosme, J.M., "The CORDIC Householder Algorithm," Proceedings of the 10th Symposium on Computer Arithmetic, pp. 256-263, 1991.
2. Knapp, S. K. "XC4000E Edge triggered and Dual Port RAM Capability," Xilinx application note, August 11, 1995.

Статья поступила 12.01.2021 г.
© А.И. Семиляк, М.Н. Гайдаров, 2021

Сведения об авторах **List of Authors**

Семиляк Александр Иванович – старший преподаватель кафедры теоретической и общей электротехники Дагестанского государственного технического университета.

Alexander Semilyak – Senior Lecturer of the Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Daghestan State Technical University.

Гайдаров Мукаил Небиюллаевич – студент факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета.

Mukail Gaidarov – Student of the Faculty of Computer Technologies, Computing Engineering and Power Engineering, Daghestan State Technical University.

ЗАЩИТА ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ ОТ ОБРАТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ ПРЯМОМ УДАРЕ МОЛНИИ

В.Д. Кириченко-Мишкин¹, А.М. Хайбулаев²

¹Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)
Москва

²Дагестанский государственный технический университет
Махачкала

Аннотация. Защита открытых распределительных устройств подстанций высокого напряжения от прямых ударов молнии выполняется групповыми стержневыми молниеотводами, которые должны обеспечить требуемую по надежности зону защиты. Проводится анализ импульсивных характеристик заземляющих сеток и даются рекомендации для эффективной защиты электрических подстанций от ударов молнии. Молниеотводы могут устанавливаться на порталах и других конструкциях с присоединением их к общему заземляющему устройству подстанции или выполняться в виде отдельно стоящих устройств с обособленным заземлителем.

Abstract. Protection of open switchgears of high voltage substations from direct lightning strikes is carried out by group lightning rods, which must provide the required protection zone in terms of reliability. The impulse characteristics of grounding grids are analyzed and recommendations are given for effective protection of electrical substations from lightning strikes. Lightning rods can be installed on portals and other structures with their connection to a common grounding device of the substation, or they can be made as stand-alone devices with a separate grounding electrode.

Ключевые слова: прямой удар молнии, молниезащита, заземлители, подстанция, открытое распределительное устройство.

Keywords: direct lightning strike, lightning protection, earthing switches, substation, open switchgear.

Введение и постановка задачи

Способ установки молниеотводов на конструкциях с присоединением их к общему заземлению электрической подстанции высокого напряжения дешевле в реализации, но может приво-

дить к так называемым «обратным перекрытиям» с корпусов и металлоконструкций оборудования на ошиновку. Это происходит, если на корпусах оборудования, присоединенных к общему заземляющему устройству, импульсный

потенциал окажется больше разрядного напряжения изоляторов.

Второй способ – установка отдельно стоящих молниеотводов, предназначен для того, чтобы исключить обратные перекрытия. Такой способ установки дороже, так как связан с изысканием дополнительной площадки для размещения заземлителя на безопасном расстоянии по условию пробоя в земле от общего заземлителя подстанции. Также следует обеспечить допустимое расстояние по воздуху между молниеотводами и оборудованием.

В Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) установлены граничные условия между этими двумя вариантами [1]. Так, например, в открытых распределительных устройствах (ОРУ) напряжением 110 кВ и выше стержневые молниеотводы могут устанавливаться на порталах, заземленных на общее заземляющее устройство при любой его площади при удельном сопротивлении земли $\rho \leq 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а при $\rho \geq 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ – на заземляющее устройство площадью превышающей 10000 м^2 .

Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ 35 кВ допускается при $\rho \leq 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ для любой площади S заземляющего устройства и при $\rho \geq 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ для $S > 10000 \text{ м}^2$ ($\sqrt{S} = 100$). Эти условия оговариваются рядом дополнительных мер по усилению изоляции, улучшению условий стекания импульсного тока и другим. Положения о защите выводов трансформаторов на 6÷10 кВ являются весьма неконкретными. Здесь установка молниеотводов на конструкциях и порталах оговаривается большим перечнем условий и еще больше запутывает решение о возможности

применения такого способа защиты от обратных перекрытий в условиях реальных подстанций.

Указанные выше недостатки объясняются недостаточным объемом конкретных данных о подстанционных заземляющих устройствах и величинах импульсивного сопротивления, импульсивного напряжения в месте ввода тока, его распределения по заземляющей сетке при достаточно большом диапазоне изменения параметров тока молнии (амплитуды 1 м и длина фронта), удельного сопротивления земли и площади заземляющего устройства S . Однако проведенные ранее исследования методом физического моделирования импульсных характеристик заземляющих устройств подстанции [2] и опор высоковольтных линий и молниеотводов [3, 4, 5] позволяют определить закономерности изменения импульсных параметров заземлителей от перечисленных выше факторов и в ряде случаев дать количественные оценки. Так, достаточно большой объем данных об импульсных характеристиках опор воздушных линий электропередач позволил ВГПИ «Энергосетьпроект» разработать принципиально новые типовые проекты заземлителей опор воздушных линий высокого напряжения, которые отличаются существенно меньшим в сравнении с предшествующими проектами расходом металла. При этом эффективность их работы при стекании тока молнии только повысилась. Следует отметить, что кроме типовых решений была разработана весьма простая методика расчета конструкции заземляющих устройств, опор воздушных линий и молниеотводов, в том числе и отдельно стоящих

для защиты ОРУ подстанций.

Значительно большая трудоемкость исследований импульсивных характеристик подстанционных заземляющих устройств даже при весьма широких возможностях физического моделирования не позволила получить в свое время результаты в достаточно полном объеме. В период так называемой «перестройки» единственная оставшаяся в стране и мире уникальная установка для исследования импульсных характеристик заземляющих устройств путем физического моделирования была уничтожена.

Однако результаты исследований, которые были получены на установке МЭИ (предшествующих установки ВИЭСХ), и на новой установке, позволяют дать анализ закономерностей изменения импульсных характеристик заземляющих устройств подстанции напряжением 220÷35 кВ в зависимости от размеров S , величин ρ земли и зна-

чения параметров тока молнии (в основном, амплитуды).

Экспериментальные исследования и расчеты

В данной работе проводится анализ зависимостей импульсивных характеристик заземляющих сеток площади $\sqrt{S} = 20, 40$ и 80 м. Такие размеры соответствуют небольшим по площади, в основном, двухтрансформаторным подстанциям 220÷35 кВ.

На рисунке 1 предоставлены зависимости величины импульсного напряжения на заземлителе $U_{и.зу}$ (при вводе тока в центре сетки) и зависимости от удельного сопротивления ρ земли при токе молнии, равном 60 кА. Там же показаны уровни разрядных напряжений U_p изоляции оборудования 10, 20, 35, 110 и 220 кВ. Для удобства анализа полученные результаты сведены в таблицу.

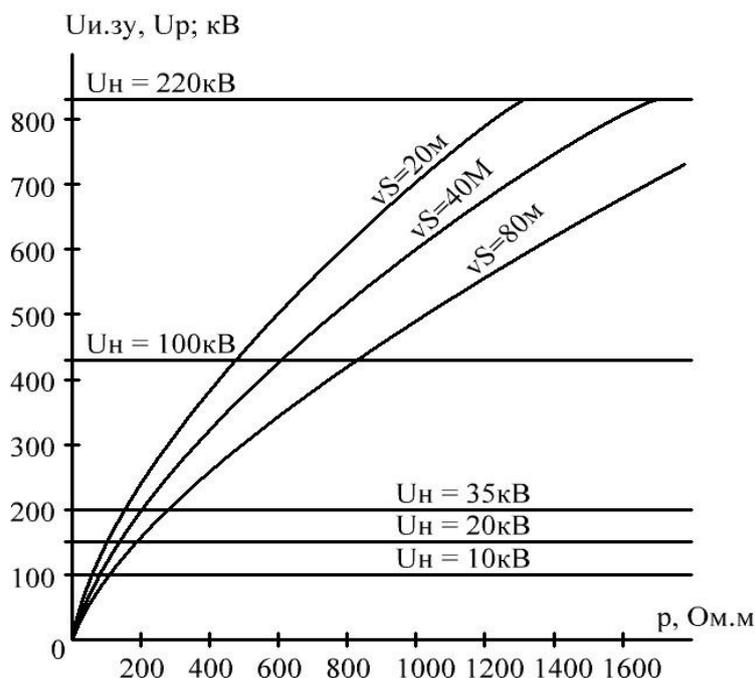


Рисунок 1 – Зависимость $U_{и.зу} = f(\rho, S)$ при вводе тока молнии 60 кА в центре заземляющей сетки

Таблица - Предельные минимальные значения удельного сопротивления ρ земли, при которых возможна установка молниеотводов на порталах

U_n , кВ	U_p , кВ	I_M , кА	ρ_{min} , Ом·м			
			$\sqrt{S} = 20$ м	$\sqrt{S} = 40$ м	$\sqrt{S} = 80$ м	$\sqrt{S} = 100$ м
10	75	60	50	80	110	140
20	140	60	80	120	160	180
35	180	60	120	160	250	280
110	425	60	410	580	880	1000
220	835	60	1230	1550	-	-

Анализ кривых рисунке 1 и данных таблицы показывает следующие расхождения с положениями ПУЭ:

1. Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ 35 кВ вне зависимости от площади заземлителя \sqrt{S} в земле с $\rho \leq 500$ Ом·м недопустима. При реальных размерах площади подстанции 35 кВ допустимое значение ρ земли будет в 2÷3 раза меньше.

2. Для изоляции оборудования ОРУ-110 кВ установка молниеотводов на конструкциях возможна только при размерах площади больше $\sqrt{S} = 80$ м.

3. Изоляция оборудования напряжением 20, 10 и 6 кВ практически не может быть защищена от обратных перекрытий по рекомендациям ПУЭ.

Положение ПУЭ остаются обоснованными лишь для изоляции оборудования 220 кВ, так как площадь ОРУ подстанции, очевидно, превышает $\sqrt{S} = 40$ м, но и здесь остается открытым вопрос защиты выводов трансформаторов 6÷10 кВ.

Очевидно, что установка молниеотводов на конструкциях вблизи выводов трансформаторов 6÷35 кВ вообще нецелесообразна. Следует устанавливать отдельно стоящие молниеотводы и выполнять условия, исключаящие перекрытия в земле и по воздуху. Установка молниеотводов на заземленных порта-

лах 110 и 220 кВ также могут приводить к обратным перекрытиям изоляции оборудования более низкого напряжения подстанции, за счет выноса потенциала по магистралям заземлителя.

На рисунке 2 показаны зависимости снижения потенциала от точки ввода тока в центр заземляющей сетки без вертикальных и с вертикальными электродами до ее края, полученные на модели. Из кривых следует, что для сетки размером $\sqrt{S} = 40$ м при вводе тока в центр (в земле с удельным сопротивлением порядка 450 Ом·м) снижение потенциала незначительно и составляет примерно 10%, а для сетки размером $\sqrt{S} = 80$ м снижение составляет 35%. Добавление вертикальных электродов длиной $l_B = 8$ м периметру снижает потенциал еще на 7÷8%. Можно с известной долей погрешности считать, что при прямом ударе молнии в молниеотводе на приемном портале подстанции 220-110/10 кВ потенциал на корпусе трансформатора снизится в данном случае не более чем на 40%. Так, если в соответствии с рисунком 1 напряжение в центре сетки $\sqrt{S} = 80$ м составляет 300 кВ, то на краю заземлителя через 40 м напряжение снизится до 180 кВ, что также может привести к перекрытию изоляторов оборудования на напряжение 35 кВ и, тем более, на 20÷6 кВ. При

уменьшении ρ земли снижение потенциала по заземлению от точки ввода возрастает и, наоборот, с увеличением

ρ земли снижение потенциала уменьшается.

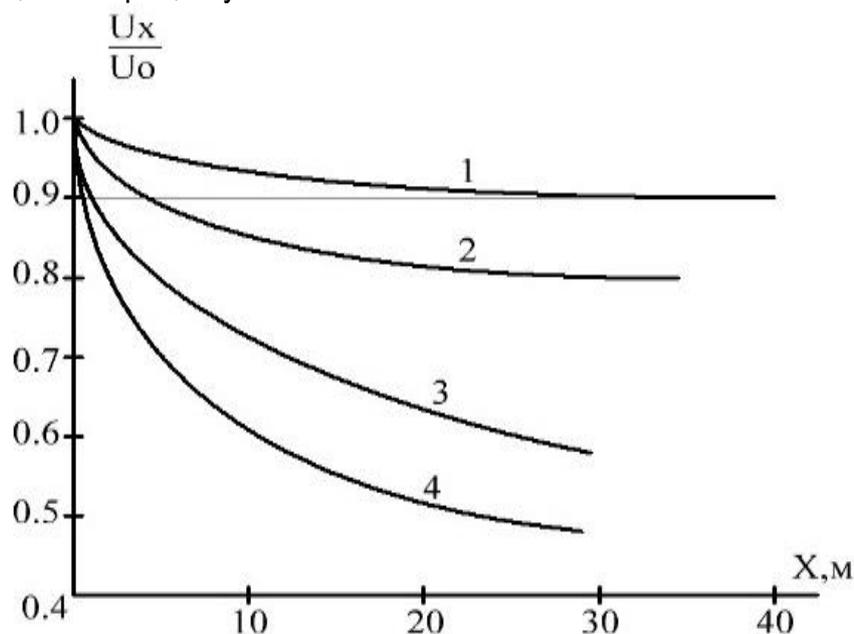


Рисунок 2 – Распределение потенциала по заземляющей сетке ($\rho = 470-470 \text{ Ом}\cdot\text{м}$)

1. $\sqrt{S} = 40 \text{ м}$, сетка без вертикальных электродов.
2. $\sqrt{S} = 40 \text{ м}$, сетка с вертикальными электродами ($l_e = 8 \text{ м}$, $n_e = 8 \text{ шт.}$)
3. $\sqrt{S} = 80 \text{ м}$, сетка без вертикальных электродов.
4. $\sqrt{S} = 80 \text{ м}$, сетка с вертикальными электродами ($l_e = 8 \text{ м}$, $n_e = 16 \text{ шт.}$)

Заключение

Следует отметить, что приведенные расчеты носят оценочный характер, но, тем не менее, напрашивается вывод о возможности перекрытия изоляторов 6÷35 кВ силовых трансформаторов в результате удара молнии в молниеотвод не только на трансформаторном, но и на приемном портале. Для корректи-

ровки положений ПУЭ с целью повышения эффективности защиты изоляции ОРУ электрических подстанций от обратных перекрытий необходимо проведение дополнительных исследований путем физического моделирования, а также сбора и анализа данных в ходе эксплуатации распределительных устройств.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс] // URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294853/4294853915.htm> (дата обращения: 17.03.2021).
2. Рябкова Е.Я. Заземления в установках высокого напряжения. - М.: Энергия, 1978. - 225 с.
3. Рябкова Е.Я., Мишкин В.М. Импульсные характеристики заземлителей опор линий электропередачи // Электричество. 1976. № 8.
4. Мишкин В.М., Рябкова Е.Я. Влияние неоднородности земли импульсные характе-

ристики заземлителей // Электричество. 1977. № 8.

5. Мишкин В.М. Молниезащита сельскохозяйственных объектов. - М.: Колос, 1979. - 104 с.

References

1. Pravila ustrojstva elektroustanovok [Elektronnyj resurs] // URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294853/4294853915.htm> (data obrashcheniya: 17.01.2021).

2. Ryabkova E.YA. Zazemleniya v ustanovkah vysokogo napryazheniya. - М.: Energiya, 1978. - 225 s.

3. Ryabkova E.YA., Mishkin V.M. Impul'snye harakteristiki zazemlitelej opor linij elektropredachi // Elektrichestvo. 1976. № 8.

4. Mishkin V.M., Ryabkova E.YA. Vliyanie neodnorodnosti zemli impul'snye harakteristiki zazemlitelej // Elektrichestvo. 1977. № 8.

5. Mishkin V.M. Molniezashchita sel'skokozyajstvennyh ob"ektov. - М.: Kolos, 1979. - 104 s.

Статья поступила 22.04.2021 г.

© В.Д. Кириченко-Мишкин, А.М. Хайбулаев, 2021

Сведения об авторах List of Authors

Кириченко-Мишкин Виктор Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электрических систем Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ).

Viktor Kirichenko-Mishkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Systems, Moscow State Machine-Building University (MAMI).

Хайбулаев Абдурахман Магомедович – старший преподаватель кафедры электроэнергетики и возобновляемых источников энергии Дагестанского государственного технического университета.

Abdurahman Khaibulaev – Senior Lecturer of the Department of Electric Power and Renewable Energy Sources, Daghestan State Technical University.

ТЕХНОЛОГИИ, ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

.....
.....
.....

УДК 664.617

doi: 10.21822/2713-220X-2021-2-2-35-39

ОБОГАЩЕНИЕ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА РАСТИТЕЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ

Т.Б. Колотий

Майкопский государственный технологический университет

Майкоп

tatyana.kolotij@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования возможности применения адаптогена растительного происхождения – эхинацеи пурпурной (*Echinácea purpúrea*) в хлебопечении. Показана перспективность этой растительной добавки в качестве функционального ингредиента в составе рецептуры хлеба и изучено ее влияние на потребительские свойства готового продукта. Представлены результаты органолептической оценки качества нового функционального продукта.

Abstract. The article presents the results of the study the possibility of using an adaptogen of plant origin - *Echinácea purpúrea* in baking. The promising nature of this herbal supplement as a functional ingredient in the composition of bread recipes has been shown and its effect on the consumer properties of the finished product has been studied. The results of the organoleptic assessment of the quality of a new functional product are presented.

Ключевые слова: эхинацея пурпурная, хлебобулочные изделия, функциональные компоненты, биологически активные вещества, органолептический показатель.

Keywords: *echinacea purpurea*, baked goods, functional components, biologically active substances, organoleptic index.

Введение

В последние годы в мире большое внимание уделяется обогащению хлеба различными полезными веществами, придающими ему лечебные и профи-

лактические свойства. Для производства хлебобулочных изделий функционального направления (с повышенным содержанием белка; с добавлением пектина, полученного из разных видов

сырья; с введением в рецептуру β-каротина и обогащенных йодом) пользуются различными технологическими приемами, а также применяют новые перспективные виды сырья [1].

Одним из приоритетных направлений «Основ государственной политики РФ в области здорового питания населения» является создание продуктов функционального назначения с улучшенным химическим составом, обогащённых полноценными белками, витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами. Для решения этой задачи в технологии хлебобулочных изделий применяют добавки из нетрадиционного сырья, которые способны не только корректировать свойства пшеничной муки, регулировать технологический процесс, но и обогащать хлебобулочные изделия биологически активными веществами.

В настоящее время в России производство функциональных сортов хлеба развито недостаточно, хотя новые нетрадиционные сорта хлебобулочных изделий пользуются стабильным спросом. Следовательно, исследования, направленные на улучшение качества,

расширение ассортимента функциональных продуктов питания, разработку новых видов хлебобулочных изделий, являются актуальными [2].

В связи с этим были проведены исследования с целью подбора нетрадиционного растительного сырья и его оптимального соотношения по выбранным пищевым критериям для производства хлебобулочных изделий, обладающих функциональными свойствами.

Использование порошка эхинацеи пурпурной в качестве добавки в пшеничном хлебе

Цель работы – изучить возможность и целесообразность использования эхинацеи пурпурной в качестве функционального ингредиента в производстве хлебобулочных изделий. В качестве объекта исследования была выбрана эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*), показанная на рисунке. Это растение сочетает в себе иммуномодулирующие, противовоспалительные, противовирусные, тонизирующие свойства.



Рисунок – Эхинацея пурпурная (Echinacea purpurea)

Эхинацея пурпурная, иначе, цветок прерий, пурпурный конус – многолетник семейства астровых. В переводе с греческого эхинацея означает «колючий». Такое название растение получило за игольчатые прицветники и твердый шероховатый стебель.

В народной медицине используют корневища и цветочные корзинки эхинацеи. Она обладает очень ценным свойством – способностью повышать естественные защитные силы организма и, тем самым, быстрее справляться с болезнью. Обладает она также антиаллергическим, антибактериальным и противомикотическим действиями [3, 4].

Эхинацея пурпурная – лечебное растение. Цветы и корни многолетника применяют при простуде, ангине, цистите, ОРВИ и других воспалительных и инфекционных заболеваниях. Наиболее ценное его качество – способность стимулировать иммунитет. Это отличное средство при ларингите, воспалении горла, бронхите, кашле любого происхождения.

В составе эхинацеи содержится немало полезных для человека активных биологических соединений:

- полисахариды – арабинорамногалактаны и гетероксиланы, биологические ферменты, флаваноиды, оксикоричные кислоты;
- эхиноцин и эхонолон – активные антиоксиданты;
- эфирное масло – до 0,5% в цветках и до 0,23% в корнях;
- дубильные вещества;
- макро- и микроэлементы – кальций, кобальт, молибден, цинк, селен.

В корнях растения содержится больше гликозидов, смол, фитостерин. Доля инулина – натурального пре-

биотика, достигает 6%, глюкозы – 7%. Примечательный факт: из корневища выделяют бетаин – до 0,1%. Это вещество предотвращает появление инсультов и инфарктов.

При проведении исследования использовали стандартные методики. Для выяснения влияния эхинацеи пурпурной на качество готовых изделий провели пробные выпечки пшеничного хлеба, в рецептуре которого последовательно заменяли пшеничную муку порошком из эхинацеи в количестве от 0,5 до 1,5 г к массе пшеничной муки. Пробные выпечки проводили по общепринятой в научных исследованиях методике.

Готовая продукция анализировалась в соответствии с требованиями нормативной документации по органолептическим показателям. Полученные данные по органолептическим показателям качества готовой продукции и пористости приведены в таблице.

Добавление эхинацеи оказало положительное влияние на органолептические показатели пшеничного хлеба – хлеб имел пышную форму, мелкую и равномерную пористость, с приятным послевкусием эхинацеи. Выяснилось, что добавка из эхинацеи оказывает стимулирующее действие на жизнедеятельность хлебопекарных дрожжей. Предположительно интенсификации брожения теста способствуют содержащиеся в ней минеральные элементы, витамины, углеводы, моно- и дисахара, а также органические кислоты. Наиболее оптимальной при производстве пшеничного хлеба из муки 1 сорта следует считать дозировку порошка эхинацеи – 1 г от массы муки, что позволяет улучшить качество продукта, а также повысить его пищевую ценность.

Таблица – Органолептические показатели качества и пористости готовой продукции

Наименование	Контроль	Характеристика		
		варианты с использованием порошка эхинацеи		
		дозировка, г		
		0,5	1,0	1,5
Форма	Соответствующая хлебной форме, без боковых выпловов	Соответствующая хлебной форме, без боковых выпловов		
Поверхность	Без крупных трещин и подрывов	Без крупных трещин и подрывов	Присутствует небольшой подрыв корки	Виден значительный подрыв корки
Цвет	От светло - желтого до темно - коричневого	белый	имеет зеленый оттенок	
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Сладковатый	Сладковатый, присутствует слабый привкус эхинацеи	Не соответствует, присутствует горечь
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Без постороннего запаха	Имеет посторонний запах
Пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь	Пропеченный, не влажный на ощупь		
Пористость	Развитая без пустот и уплотнений	Развитая без пустот и уплотнений	Развитая без пустот и уплотнений	Уплотненная пористость
Пористость, % (не менее 68,0)	68	69,0	71,0	64,0

Выводы

Таким образом, полученные результаты исследований позволяют рекомендовать эхинацею пурпурную в качестве функционального ингредиента в производстве хлебобулочных изделий, с целью профилактики болезненных состояний, вызванных общим физическим ослаблением организма, сни-

жением иммунитета, как укрепляющее средство.

Проведена товароведная оценка качества пшеничного хлеба, которая показала, что введение в рецептуру хлеба порошка эхинацеи улучшает технологические свойства готового продукта.

Библиографический список

1. Колотий Т.Б. Применение продуктов переработки плодов и овощей в хлебобулочных изделиях функционального назначения // Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях: материалы IV международной научно-практической конференции молодых учёных. – ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2015. С. 42-44.
2. Смертина Е.С., Федянина Л.Н., Каленик Т.К. Перспективы применения нетрадиционного сырья растительного происхождения в хлебопечении // Хлебопечение России. 2012. № 4. С. 12–14.
3. Ražić S., Onjia A., Potkonjak B. Trace elements analysis of Echinacea purpurea – herbal medicinal // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2003. Volume 33. Issue 4, pp. 845-850.
4. Эхинацея пурпурная — лечебные свойства и противопоказания [Электронный ресурс] // Agronom.guru - Информационный портал для дачников и садоводов. 2021. URL: <https://agronom.guru/tsvetyi/sadovyye-tsvetyi/ehinatseya-purpurnaya>.

References

1. Kolotij T.B. Primenenie produktov pererabotki plodov i ovoshchej v hlebobulochnyh izdeliyah funkcional'nogo naznacheniya // Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnoj nauki v sovremennyh ekonomicheskikh usloviyah: materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchyonyh. – FGBNU «PNIIAZ», 2015. S. 42-44.
2. Smertina E.S., Fedyanina L.N., Kalenik T.K. Perspektivy primeneniya netradici-onnogo syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya v hlebopechenii // Hlebopechenie Rossii. 2012. № 4. S. 12–14.
3. Ražić S., Onjia A., Potkonjak B. Trace elements analysis of Echinacea purpurea – herbal medicinal // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2003. Volume 33. Issue 4, pp. 845-850.
4. Ekhinaceya purpurnaya — lecebnye svojstva i protivopokazaniya [Elektronnyj re-surs] // Agronom.guru - Informacionnyj portal dlya dachnikov i sadovodov. 2021. URL: <https://agronom.guru/tsvetyi/sadovyye-tsvetyi/ehinatseya-purpurnaya>.

Статья поступила 19.12.2020 г.

© Т.Б. Колотий, 2021

Сведения об авторе

List of Author

Колотий Татьяна Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых продуктов и организации питания Майкопского государственного технологического университета.

Tatyana Kolotiy – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Products and Catering Services, Maikop State Technological University.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ФАСОВКИ И ТЕПЛООБРАБОТКИ КОНСЕРВИРУЕМЫХ В СТЕКЛЯННОЙ ТАРЕ ПРОДУКТОВ НА ВЕЛИЧИНУ ВАКУУМА

Л.Р. Ибрагимова, М.Н. Исламов

Дагестанский государственный технический университет, Махачкала
astrahvino@rambler.ru

Аннотация. Статья посвящена определению факторов и параметров, влияющих на глубину вакуума, образующегося в стеклянной таре «дышащего» типа после тепловой обработки консервов, а также исследованию влияния вакуума на сохраняемость биологически ценных компонентов продукта в процессе хранения. Анализ полученных данных показывает, что глубина вакуума, образующегося в «дышащей» таре, в отличие от закупорки типа стеклянной консервной обкатной тары, не зависит от условий фасовки: ни степень наполнения банки, ни температура фасовки продукта не оказывают существенного влияния на величину вакуума. В эксгаустированном продукте благодаря отсутствию кислорода хорошо сохраняются биологически ценные компоненты.

Abstract. The article is devoted to the determination of factors and parameters affecting the depth of the vacuum formed in a glass container of the "breathing" type after heat treatment of canned food, as well as to the study of the effect of vacuum on the preservation of biologically valuable components of the product during storage. An analysis of the data obtained shows that the depth of the vacuum formed in a «breathing» container, in contrast to the closure type of a glass canning container, does not depend on the filling conditions: neither the degree of filling of the can, nor the filling temperature of the product have a significant effect on the vacuum value. Due to the absence of oxygen, biologically valuable components are well preserved in the extracted product.

Ключевые слова: стерилизация, консервы, давление, вакуум, стеклянная тара, «дышащий» затвор, жестяная крышка, деформации, разгерметизация, биологическая ценность.

Keywords: sterilization, canned food, pressure, vacuum, glass containers, «breathing» closure, tin lid, deformation, depressurization, biological value.

Введение

Для достижения в закупоренной консервной банке некоторой величины вакуума после стерилизации и охлажде-

ния, как правило, на практике применяют процесс эксгаустирования, который можно осуществить на стадии фасовки тепловым либо механическим путем.

При этом величина получаемого вакуума зависит от условий фасовки: степени наполнения тары и температуры фасовки продукта t_f .

Так, например, при изменении температуры продукта от 30 до 90°C, вакуум в таре меняется от 40 до 80 КПа. Колебания уровня продукта, имеющего температуру 45°C, в пределах 6-12 мм от верхнего края банок, вызывает разброс значений вакуума от 26,7 до 60 КПа. По данным некоторых исследований при закатывании партии стеклянной консервной обкатной тары СКО 58-I с жидким продуктом в неизменных условиях на паровакуумной закаточной машине АЗМ-3П наблюдалось рассеивание значений вакуума в пределах 33,3-60 КПа только за счет всплескивания продукта [1].

Из литературных данных об укупорках «дышащего» типа известно, что глубина вакуума в такой таре не зависит от условий фасовки. Представлялось в этой связи интересным определить, от каких факторов и как зависит глубина вакуума в разработанной ранее «дышащей» таре [2].

Исследование влияния факторов на глубину вакуума

С целью установления этой зависимости нами был поставлен следующий эксперимент: консервы в самоэксгаустируемой таре с различной степенью наполнения и различной температурой фасовки продукта стерилизовали при температурах 85°C, 98°C (кипящая вода) и 120°C (в глицерине) в открытом аппарате, работающем при атмосферном давлении [3]. В процессе стерилизации определяли следующие показатели: давление открытия клапанов за-

твора (P_1), температуру теплоносителя (t_p) и время в этот момент (T_{p1}), давление закрытия клапанов затвора (P_2) и вакуум в банке после полного охлаждения (W). Исследовался процесс стерилизации и охлаждения следующих консервов: «Компот из слив», «Томаты консервированные». Контролем служили банки с консервами, укупоренные обычными крышками СКО. Для предотвращения срыва крышек контрольные банки помещали в специальные кассеты.

В таблице приведены результаты эксперимента применительно к консервам «Томаты консервированные». Анализ полученных данных показывает, что глубина вакуума, образующегося в самоэксгаустируемой таре, не зависит от условий фасовки: ни степень наполнения банки, ни температура фасовки продукта не оказывают существенного влияния на величину вакуума. Это объясняется тем, что изменение φ и t_f приводят к изменению времени срабатывания клапанов затвора.

Из щели выходит паровоздушная смесь в разные моменты времени при различных температурах греющей среды и значениях P_1 , что вызывается разбросом значений определяющих элементов затвора: диаметра горловины банки, толщины жести и резинового кольца. Как оказалось, глубина вакуума в самоэксгаустируемой банке зависит от температуры стерилизации T_c . Чем она выше, тем больше и вакуум (рисунок). Такое явление можно объяснить следующим. В момент стерилизации уравнение равновесия крышки под действием внутреннего давления, сил упругости и внешнего давления

Таблица – Исследование процесса стерилизации и охлаждения консервов

Вариант	Температура стерилизации, °C														
	85					98					120				
	P_1	T_{p1}	t_{p1}	P_2	W	P_1	T_{p1}	t_{p1}	P_2	W	P_1	T_{p1}	t_{p1}	P_2	W
$\varphi=0,9$ $t_{\phi}=40$	48	18	82	15	26	66	88	20	15	48	52	6	95	18	73
	56	19	84	20	26	52	85	28	9	40	57	6	95	21	63
	50	21	85	26	23	56	88	23	10	46	54	6	95	19	68
$\varphi=0,9$ $t_{\phi}=80$	24	7	76	16	28	35	85	21	4	48	49	4	90	16	73
	40	24	85	16	28	45	86	16	11	50	56	5	90	20	68
	32	7	80	15	36	50	90	20	10	47	60	9	90	24	64
$\varphi=0,95$ $t_{\phi}=40$	48	12	81	30	23	46	85	20	10	48	58	7	95	22	66
	28	4	79	26	25	58	92	18	15	50	59	6	95	23	65
	42	7	79	28	24	69	98	26	22	42	63	6	95	23	65
$\varphi=0,95$ $t_{\phi}=80$	54	16	85	30	24	74	98	22	20	45	54	6	94	25	62
	36	13	85	30	25	59	91	24	18	46	46	6	95	24	63
	54	30	85	24	24	62	92	28	15	42	46	6	93	18	70

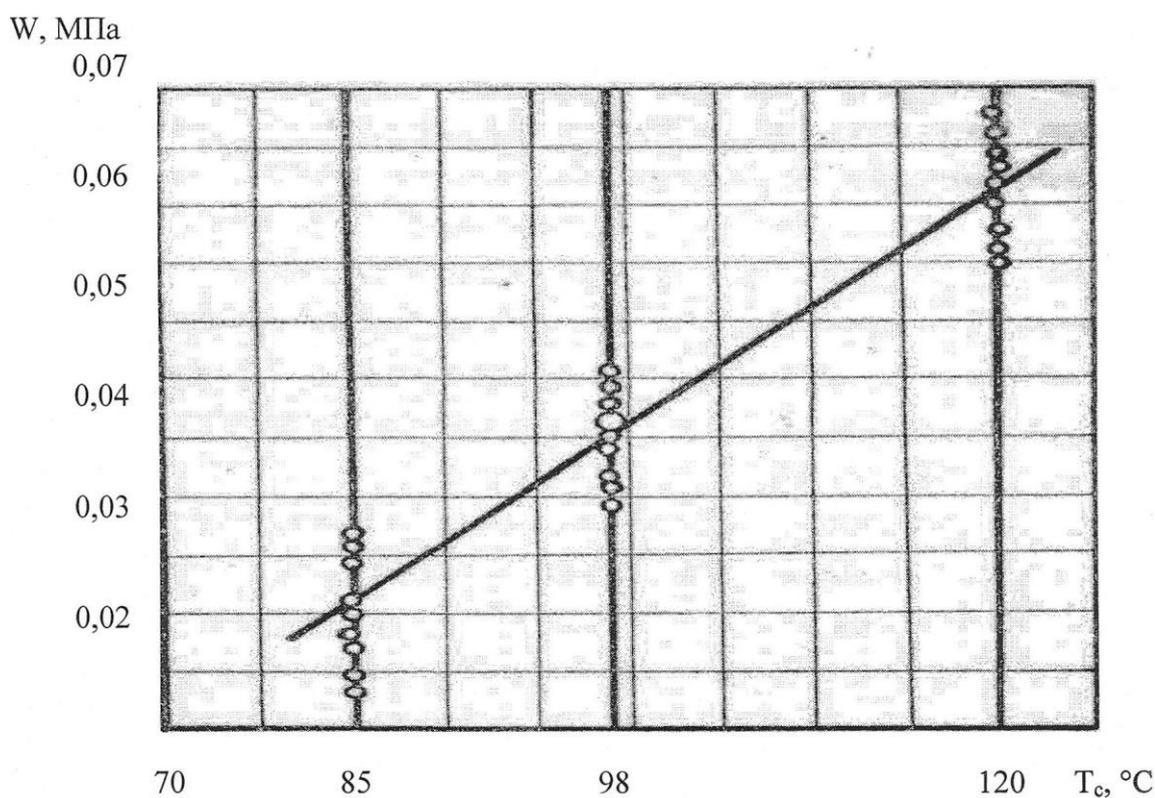


Рисунок – Зависимость глубины вакуума от температуры стерилизации

$$P_{п''} + P_{в''} = 1 + P \quad (1)$$

В момент закрытия клапана - начало охлаждения - это уравнение имеет вид

$$P_{п''} + P_{в''} = 1 + P_2 \quad (2)$$

При охлаждении упругость водяных паров падает, а парциальное давление воздуха не изменяется (ибо воздух не выходит при охлаждении). В результате давление в банке в этот момент

$$P_{п'''} + P_{в''} = P_3 \quad (3)$$

Вычтем (3) из (2)

$$P_{п''} + P_{в''} - P_{п'''} - P_{в''} = 1 + P_2 - P_3 \quad (4)$$

или

$$P_{п''} - P_{п'''} - P_2 = 1 - P_3 \quad (5)$$

Но $(1 - P_3)$ есть вакуум, то есть

$$W = P_{п''} - (P_{п'''} + P_2) \quad (6)$$

Отсюда ясно, что чем больше $P_{п''}$, тем больше и величина вакуума W .

Наглядной характеристикой степени эксгаустированности консервов в опытной таре может служить величина, названная нами коэффициентом самоэксгаустирования ($k_{сэ}$) и представляющая собой отношение вакуума в банке, закупоренной опытной самоэксгаустируемой крышкой ($W_{сэ}$) к вакууму в обычной таре (W_k)

$$(W_{сэ}) = W_{сэ} / W_k \quad (7)$$

Если по данным таблицы рассчитать $k_{сэ}$ для различных температур тепловой обработки, то получится зависимость, наглядно показывающая, что с увеличением температуры стерилизации консервов, увеличивается и степень их эксгаустированности.

Как видно из таблицы, при температуре 120°C быстрее срабатывают клапаны затвора и при одинаковом времени собственно стерилизации, кроме того, что стравливание идет более интенсивно, чем при температурах 85 и 98°C , оно еще продолжается большее время.

То есть можно сказать, что время также оказывает влияние на величину вакуума W .

На этапах собственно стерилизации и охлаждения возможно вскипание продукта и выброса его через клапаны затвора, что может вызвать нарушение стравливания и, соответственно, уменьшение массы нетто [4, 5].

При работе затвора в установленных пределах клапан срабатывает при температуре продукта в банке $55-58^\circ\text{C}$. Давление в банке при этом $0,03-0,06$ Мпа [2].

Заключение

Проведенные нами исследования показали, что в самоэксгаустируемой таре потери массы нетто продукта имеют место, но находятся в пределах $0,02-0,35\%$. Поскольку в соответствии с требованиями ГОСТ допускается колебание массы нетто в пределах $\pm 3\%$, то потери массы деаэрированного продукта в опытной таре можно считать незначительными - в 8,5 раза меньше допустимого значения. Биологическая ценность эксгаустированных консервов, как правило, заметно выше консервов в обычной таре. Так, например, в отличие от контрольных образцов, в экспериментальных лучше сохраняется витамин С, причем разница в содержании его в продукте увеличивается со временем хранения и достигает до $30-40\%$. Активная кислотность и натуральная окраска продукта практически не изменяется. С течением времени, благодаря отсутствию кислорода, содержание ароматических веществ в ней становится даже больше, чем в контрольных консервах.

Библиографический список

1. Ибрагимова Л.Р. Устройство для измерения давления в таре при стерилизации // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: сборник материалов всеросс. науч. конф. - Махачкала: ДГТУ, 2010. С. 154-156.
2. Ибрагимова Л.Р., Исламов М.Н., Гунаева Х.С. Условия закатывания самоэксгаустируемого затвора // Научные исследования: итоги и перспективы. 2020. Т. 1. № 2. С. 29-33.
3. Ибрагимова Л.Р. Показатели качества консервов, стерилизованных в «дышащей» таре // Совершенствование технологических процессов пищевой и легкой индустрии: сборник докладов региональной научно-практической конференции. – Махачкала: ДГТУ, 2005. С. 19-22.
4. Титова А.А., Терлецкая Л.А., Мушенко Т.А., Островская С.И. Стерилизация консервов в резьбовой стеклянной таре в аппаратах закрытого типа (автоклавах) // Сборник научных трудов международной НПК. - Одесса: Астропринт, 1997. С. 60-62.
5. Титова А.А., Терлецкая Л.А., Мушенко Т.А., Островская С.И. Проблемы стерилизации консервов в стеклянной таре типа III // Сборник научных трудов международной НПК. - Одесса: Астропринт, 1997. С. 62-64.
6. Демирова А.Ф. Математическое моделирование процесса высокотемпературной стерилизации компотов в потоке нагретого воздуха с вращением банок // Научные исследования: итоги и перспективы. 2020. Т. 1. № 1. С. 35-40.

References

1. Ibragimova L.R. Ustrojstvo dlya izmereniya davleniya v tare pri sterilizacii // Povyshenie kachestva i bezopasnosti pishchevyyh produktov: sbornik materialov vseross. nauch. konf. - Mahachkala: DGTU, 2010. S. 154-156.
2. Ibragimova L.R., Islamov M.N., Gunaeva H.S. Usloviya zakatyvaniya samoeksgaustiruemogo zatvora // Nauchnye issledovaniya: itogi i perspektivy. 2020. T. 1. № 2. S. 29-33.
3. Ibragimova L.R. Pokazateli kachestva konservov, sterilizovannyh v «dyshashchej» tare // Sovershenstvovanie tekhnologicheskikh processov pishchevoj i legkoj industrii: sbornik dokladov regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Mahachkala: DGTU, 2005. S. 19-22.
4. Titova A.A., Terleckaya L.A., Mushenko T.A., Ostrovskaya S.I. Sterilizaciya konservov v rez'bovoj steklyannoj tare v apparatah zakrytogo tipa (avtoklavah) // Sbor-nik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj NPK. - Odessa: Astroprint, 1997. S. 60-62.
5. Titova A.A., Terleckaya L.A., Mushenko T.A., Ostrovskaya S.I. Problemy sterilizacii konservov v steklyannoj tare tipa III // Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj NPK. - Odessa: Astroprint, 1997. S. 62-64.
6. Demirova A.F. Matematicheskoe modelirovanie processa vysokotemperaturnoj sterilizacii kompotov v potoke nagretogo vozduha s vrashcheniem banok // Nauchnye issledovaniya: itogi i perspektivy. 2020. T. 1. № 1. S. 35-40.

*Статья поступила 16.03.2021 г.
© Л.Р. Ибрагимова, М.Н. Исламов, 2021*

Сведения об авторах
List of Authors

Ибрагимова Людмила Рашидовна – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых производств, организации питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета.

Lyudmila Ibragimova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production, Organization of Nutrition and Commodity Science, Daghestan State Technical University.

Исламов Мурад Нурмагомедович – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых производств, организации питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета.

Murad Islamov – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Food Production, Organization of Nutrition and Commodity Science, Daghestan State Technical University.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ОВОЩНЫХ КРИОПОРОШКОВ НА ПРИМЕРЕ СПАРЖИ

З.А. Яралиева

Дагестанский государственный технический университет, Махачкала
alievna5656@mail.ru

Аннотация. В работе описана разработанная технология создания криопорошков из овощной спаржи, проанализированы преимущества пищевых добавок на основе спаржи. Приведена схема получения азота мембранным способом и определен химический состав криопорошков.

Abstract. The paper describes the developed technology for creating cryopowders from vegetable asparagus, analyzes the advantages of food additives based on asparagus. The scheme of nitrogen production by the membrane method is presented and the chemical composition of cryopowders is determined.

Ключевые слова: овощная спаржа, криотехнология, криопорошки, жидкий азот, электромагнитное поле.

Keywords: vegetable asparagus, cryotechnology, cryopowders, liquid nitrogen, electromagnetic field.

Введение

Овощные порошки высокого качества до настоящего времени получали высоко затратным способом сублимационной сушки. Перед хозяйствами агропромышленного комплекса поставлена задача разработать технику и технологию производства порошков с низкой себестоимостью, но высокого качества.

К высокотехнологичным, прорывным методам относится разработанный совместно специалистами Дагестанского государственного технического университета и Кубанского государственного технического университета способ получения овощных порошков с использованием в качестве хладагента жидкого азота. Ряд совместных публи-

каций авторов из названных вузов посвящен совершенствованию технологии получения и применения порошков в хлебобулочной и макаронной промышленности [1, 2, 3]. При выборе сырья и способа получения пищевых добавок учитывалось исходное содержание антиоксидантных веществ [4]. Имеются веские основания считать, что количество антиоксидантных и бактерицидных веществ в готовых пищевых добавках повышает их ценность.

Разработка технологии создания криопорошков из спаржи

Несмотря на то, что использование жидкого азота для получения порошков из растительного сырья было известно

давно, получение его за счет ожижения воздуха стоило дорого. В результате экспериментальных исследований удалось практически в два раза снизить себестоимость азота, применив разработанный Институтом ГИАП мембранный способ получения азота непосредственно из воздуха [5].

С нашим участием разработаны новые технологические решения получения пищевых добавок с помощью жидкого азота под воздействием электромагнитного поля низкой частоты [6]. Технологические вопросы получения криопорошков из различных сортов спаржи рассмотрены автором также в [7].

Фруктово-ягодные криопорошки, используемые для обогащения пищевых продуктов, содержат в достаточном количестве пищевые и биологически активные вещества [8]. Проанализированы преимущества технологии производства и применения пищевых добавок на основе фруктовых криопорошков [9].

Сверхнизкая температура обработки сырья (-195 °С) и защитная азотная атмосфера полностью предупреждают

окисление липидных веществ и позволяют получать добавки высокого качества. Зарубежные исследователи также уделяют серьезное внимание таким технологиям. Так, в международном журнале фармацевтических, химических и биологических наук опубликован фитохимический скрининг и антибактериальная активность экстрактов корня спаржи рацемозной [10].

Одним из перспективных объектов для получения криопорошков является овощная спаржа (*Asparagus*), употребляемая обычно в свежем виде и имеющая короткий срок хранения. На рисунке 1 приведена таксономия спаржецветных растений.

Аспарагус относится к многолетнему травянистому растению семейства Лилейных и выращивается в регионах с сухим климатом. Одна из самых вкусных, полезных и дорогих овощных культур. Первые ростки спаржи, которые бывают белыми, зелеными, розовато-зелеными или фиолетовыми, насыщены витаминами, минералами и клетчаткой.

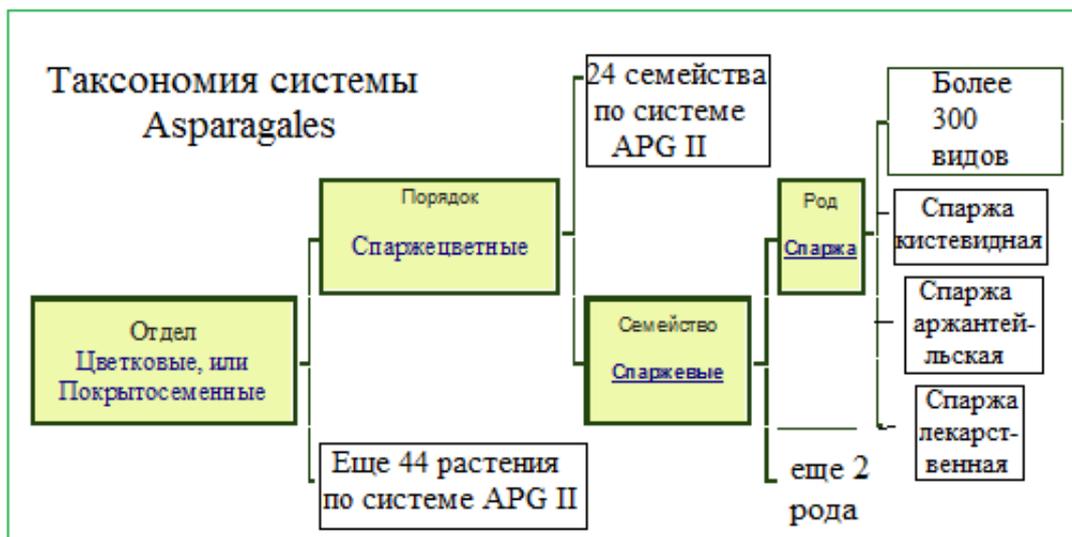


Рисунок 1 – Таксономия спаржецветных растений

В нашей стране выращивают преимущественно аржантейльскую спаржу, но известны и виды спаржевой фасоли. На рисунке 2 показан внешний вид аржантейльской, кистевой спаржи и спаржевой фасоли.

В северо-осетинском хозяйстве «Архонское» выращивают спаржу на площади 40 га, есть также посадки в хозяйствах под Нижним Новгородом и в Подмоскowie.



а б в
Рисунок 2 – Внешний вид аржантейльской (а), кистевой спаржи (б) и спаржевой фасоли(в)

Криопорошки из спаржи получали по разработанной автором технологии. На рисунке 3 показана технологическая линия производства криопорошков из спаржи. Предназначенную для переработки спаржу инспектировали, мыли, удаляли несъедобные части, измельчали в пюре и загружали в радиопрозрачные противни с толщиной слоя 10 – 12 мм. Замораживание сырья в противнях осуществляли путем нанесения на поверхность сырья жидкого азота при ми-

нус 160°C в течение 10-15 мин и вакуумной СВЧ-сушки ягод в течение 0,5 ч до влажности 1,6 – 1,9 %.

На рисунке 4 показана схема установки для получения жидкого азота из воздуха мембранным способом.

С использованием классических методов определения химического состава оценивали пищевую и биологическую ценность криопорошков спаржи (таблица).

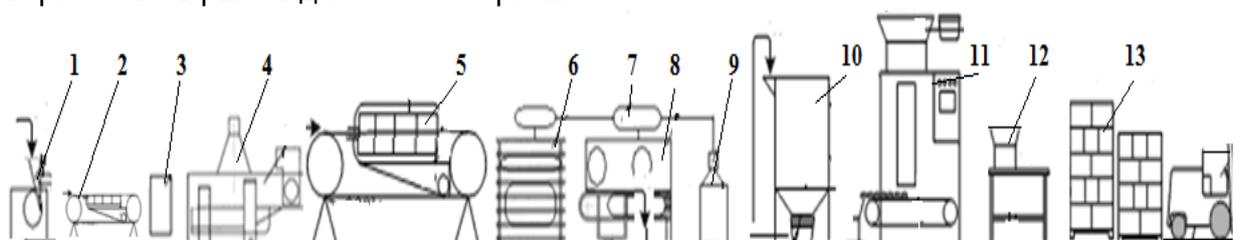


Рисунок 3 – Аппаратурно-технологическая схема производства криопорошков
1 – моечная машина, 2 – инспекционный транспортер, 3 – машина для удаления несъедобных частей, 4 – бланширователь, 5 – гелиосушилка, 6 – СВЧ-сушилка, 7 – криогенный аппарат, 8 – дозаторы жидкого азота, 9 – криомельница, 10 – сосуд Дьюара, 11 – дозатор, 12 – наполнитель, 13 – палетайзер

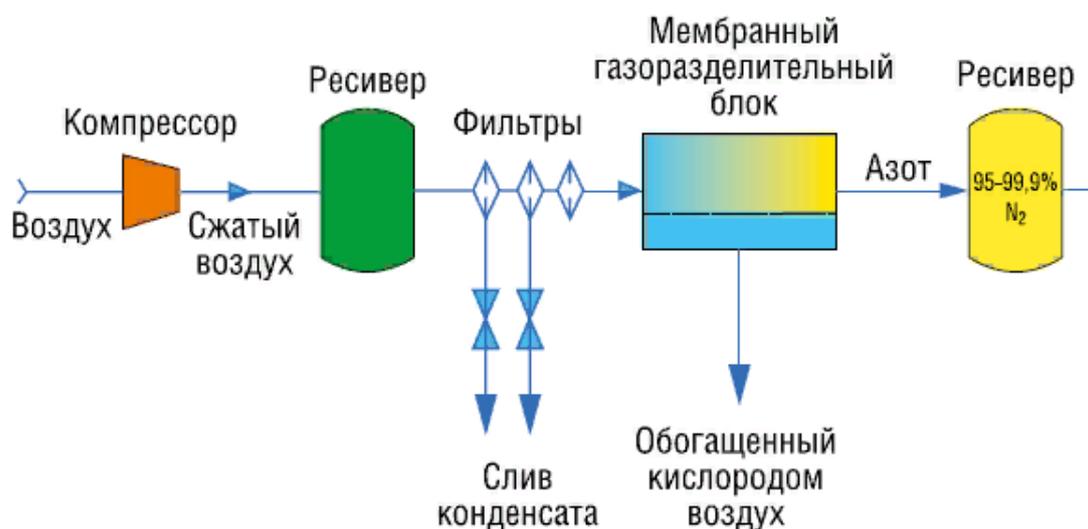


Рисунок 4 – Схема установки для получения жидкого азота

Таблица – Химический состав криопорошков трех видов спаржи

Ингредиенты	Виды спаржи		
	аржантейльская	кистевидная	лекарственная
Основные вещества, %			
Белки	18,2	16,4	11,8
Жиры	1,4	1,1	1,2
Углеводы	43,0	44,1	48,0
Вода	9,0	8,4	9,2
Зола	2,4	2,4	2,4
Клетчатка	26	27,6	27,4
Витамины, мг/100 г			
B ₁	0,52	0,48	0,64
B ₂	0,49	0,54	0,52
B ₉	0,04	0,05	0,10
C	19,2	17,2	23,4
E	4,6	4,1	4,8
β-каротин	0,9	0,8	1,1
Микроэлементы, мкг			
I ₂	45	41,2	46,5
Co	6	4	5
Mn	240	260	265
Se	8	10	11
Zn	840	860	910

Исследуемые виды овощной спаржи содержат важнейшие витамины и эссенциальные микроэлементы, сравнительно высокое содержание белка и

углеводов и небольшое количество липидов.

Кроме приведенных в таблице данных в исследуемых криопорошках

спаржи обнаружено 0,5-0,6 г/100 г ненасыщенных жирных кислот и 0,28-0,31 насыщенных кислот. Как видно из данных таблицы криопорошки спаржи имеют богатый химический состав и рекомендуются для обогащения состава многих групп пищевых продуктов.

Выводы

Разработана технология получения криопорошков из овощной спаржи.

Предложена схема аппаратурно-технологической линии с элементами щадящей сушки и криоизмельчения в среде жидкого азота мембранным способом. Полученные по усовершенствованной технологии пищевые добавки из спаржи рекомендуется использовать для обогащения состава хлебобулочных изделий и других пищевых продуктов.

Библиографический список

1. Запорожская С.П., Касьянов Г.И., Косенко О.В., Медведев А.М., Яралиева З.А., Шубина Л.Н., Белоусова С.В. Совершенствование технологии криопорошков из растительного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2020. № 2-3 (374-375). С. 45-49.
2. Иночкина Е.В., Касьянов Г.И., Тагирова П.Р., Яралиева З.А. Способ обогащения макаронных изделий криопорошками // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: сборник материалов международной научно-практической конференции. - Краснодар: КубГТУ, 2020. С. 449-451.
3. Перфилова О.В., Баранов Б.А., Скрипников Ю.Г. Фруктовые и овощные порошки из выжимок в кондитерском производстве // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 9. С. 52-54.
4. Касьянов Г.И., Яралиева З.А., Ильясова С.А. Разработка пищевых добавок с антиоксидантными свойствами // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Краснодар: КубГТУ, 2020. С. 281-287.
5. Кузнецов Ю.Л., Бураков А.В., Перминов А.С., Серебренников С.Н. Мембранные технологии в установках получения азота из воздуха // Экспозиция. Нефть. Газ. 2017. № 6. С. 69-71.
6. Яралиева З.А. Новые технологические решения получения пищевых добавок // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Краснодар: КубГТУ, 2020. С.16-21.
7. Яралиева З.А. Технология криопорошков из аржантейльской, кистевидной и лекарственной спаржи // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: сборник материалов X всероссийской научно-практической конференции. – Махачкала: ДГТУ, 2020. С. 141-144.
8. Яралиева З.А., Ильясова С.А. Характеристика плодово-ягодных порошков для обогащения пищевых продуктов // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов VI международной научно-практической конференции / Ответственный за выпуск А.В. Степовой. – Краснодар: КубГАУ, 2020. С. 669-675.

9. Bahmet M.P., Kasyanov G.I., Kucherova S.I., Tagirova P.R., Shubina L.N., Yarialieva Z.A. Technologies for the production and application of food supplements based on fruits cryopowders // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. 2021. PP. 022-083.

10. Ravishankar K., Kiranmayi G.V.N., Meher lalitha T., Priyanka T., Ranjith T., Someswarao S.B.V., Krishnam raju V.R. and Divya A.V.. Preliminary phytochemical screening and invitro antibacterial activity on asparagus racemosus root extract // International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences. 2012, 2(1), pp. 117-123.

References

1. Zaporozhskaya S.P., Kas'yanov G.I., Kosenko O.V., Medvedev A.M., YAralieva Z.A., SHu-bina L.N., Belousova S.V. Sovershenstvovanie tekhnologii krioporoshkov iz rastitel'nogo syr'ya // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2020. № 2-3 (374-375). S. 45-49.

2. Inochkina E.V., Kas'yanov G.I., Tagirova P.R., YAralieva Z.A. Sposob obogashcheniya makaronnyh izdelij krioporoshkami // Biotekhnologicheskie, ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty sozdaniya bezopasnyh produktov pitaniya specializirovannogo naznacheniya: sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Krasnodar: KubGTU, 2020. S. 449-451.

3. Perfilova O.V., Baranov B.A., Skripnikov YU.G. Fruktovye i ovoshchnye poroshki iz vyzhimok v konditerskom proizvodstve // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2013. № 9. S. 52-54.

4. Kas'yanov G.I., YAralieva Z.A., Il'yasova S.A. Razrabotka pishchevyh dobavok s antioksidantnymi svojstvami // Biotekhnologicheskie, ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty sozdaniya bezopasnyh produktov pitaniya specializirovannogo naznacheniya: sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Krasnodar: KubGTU, 2020. S. 281-287.

5. Kuznecov YU.L., Burakov A.V., Perminov A.S., Serebrennikov S.N. Membrannye tekhnologii v ustanovkah polucheniya azota iz vozduha // Ekspozitsiya. Neft'. Gaz. 2017. № 6. S. 69-71.

6. YAralieva Z.A. Novye tekhnologicheskie resheniya polucheniya pishchevyh dobavok // Biotekhnologicheskie, ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty sozdaniya bezopasnyh produktov pitaniya specializirovannogo naznacheniya: sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Krasnodar: KubGTU, 2020. S.16-21.

7. YAralieva Z.A. Tekhnologiya krioporoshkov iz arzhantejl'skoj, kistevidnoj i lekar-stvennoj sparzhi // Povyshenie kachestva i bezopasnosti pishchevyh produktov: sbornik materialov X vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Mahachkala: DGTU, 2020. S. 141-144.

8. YAralieva Z.A., Il'yasova S.A. Harakteristika plodovo-yagodnyh poroshkov dlya obogashcheniya pishchevyh produktov // Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii: sbornik materialov VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Otvetstvennyj za vypusk A.V. Stepovoj. – Krasnodar: KubGAU, 2020. S. 669-675.

9. Bahmet M.P., Kasyanov G.I., Kucherova S.I., Tagirova P.R., Shubina L.N., Yarialieva Z.A. Technologies for the production and application of food supplements based on fruits cryopowders // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. 2021. PP. 022-083.

10. Ravishankar K., Kiranmayi G.V.N., Meher lalitha T., Priyanka T., Ranjith T., Someswarao S.B.V., Krishnam raju V.R. and Divya A.V.. Preliminary phytochemical screening and invitro antibacterial activity on asparagus racemosus root extract // International Journal of Pharmaceu-

tical, Chemical and Biological Sciences. 2012, 2(1), pp. 117-123.

Статья поступила 11.03.2021 г.

© З.А. Яралиева, 2021

Сведения об авторе

List of Author

Яралиева Зоя Алиевна – кандидат технических наук, заведующая кафедрой естественно-научных, гуманитарных, общепрофессиональных и специальных дисциплин филиала в городе Кизляр Дагестанского государственного технического университета.

*Zoya Yaraliev*a – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Natural Sciences, Humanities, General Professional and Special Disciplines of the branch in the city of Kizlyar, Daghestan State Technical University.

ОЦЕНКА ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ ПОГРУЖНОГО НАСОСА, РАБОТАЮЩЕГО В СКВАЖИНЕ СО СЛОЖНЫМИ УСЛОВИЯМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

М.М. Ахмедпашаев, Г.Х. Ирзаев, М.У. Ахмедпашаев

*Дагестанский государственный технический университет, Махачкала
ahmedpahsaev@mail.ru*

Аннотация. Эксплуатация погружных винтовых насосов в сложных условиях нефтяных скважин обуславливает необходимость учета их износа и расчета технического ресурса. Предложена аналитическая оценка технического ресурса и запаса прочности таких наиболее изнашиваемых деталей трибосопряжения погружного насоса как пара трения «винт-обойма», подшипник качения, зубчатая передача. Методики расчета могут использоваться для объективного назначения времени эксплуатации погружных насосов с учетом отказоустойчивости и износа отдельных типовых деталей агрегата.

Abstract. The operation of submersible screw pumps in the difficult conditions of oil wells necessitates the consideration of their wear and tear and the calculation of the technical resource. The analytical estimation of a technical resource and safety factor of such most worn out details of a tribojunction of the submersible pump as a friction pair «screw-holder», a rolling bearing, a gear transmission is offered. Calculation methods can be used to objectively assign the operating time of submersible pumps, taking into account fault tolerance and wear of individual typical parts of the unit.

Ключевые слова: детали трибосопряжения, технический ресурс, погружной насос, износостойкость, пара «винт-обойма», подшипник качения, зубчатая передача, трение.

Keywords: details of tribocoupling, technical resource, submersible pump, wear resistance, «screw-holder» pair, rolling bearing, gearing, friction.

Введение

Одной из основных проблем нефтедобывающей отрасли является повышение надежности и технического

ресурса работы погружных насосов, работающих в скважинах со сложными условиями эксплуатации. При работе погружного агрегата в агрессивной сре-

де, содержащей абразивные материалы, процессы пластической деформации поверхностных слоев трущихся деталей протекает более интенсивно, при этом деформируются более глубокие слои поверхности трения.

Детали трибосопряжений глубинных насосов могут потерять работоспособность при возникновении различных дефектов и износа деталей. К наиболее изнашиваемым деталям трибосопряжений можно отнести пару «винт-обойма», подшипники качения, зубчатые колеса и др. Задача достоверной оценки технического ресурса этих деталей позволяет прогнозировать длительность эксплуатации и отказоустойчивость погружных насосов. Кроме того учет неравномерности износа отдельных деталей позволяет предотвратить проектирование и изготовление нетехнологичных деталей трибосопряжений с излишне высокими показателями ресурса работы, что увеличивает затраты не только на приобретение насоса, но и на его поддержку в эксплуатации [1, 2].

Оценка технического ресурса пары трибосопряжения «винт-обойма»

Винт погружного насоса, работая в трибосопряжении с обоймой, совершает планетарное движение и создает необходимое разрежение в насосно-компрессорной системе. Винт имеет однозаходную хромированную поверхность левого направления, а обойма представляет собой стальную гильзу, заполненную резиной, внутренняя полость которой профилирована в виде двухзаходной винтовой поверхности левого вращения. Несмотря на коррозионно-стойкое исполнение пары, ее эксплуатация может сопровождаться

преждевременным износом или отказом, например, при перекачке нефти, содержащей существенное количество абразивных частиц.

Условием расчета пары «винт-обойма» является

$$T \geq [T],$$

где T – расчетный технический ресурс, ч; $[T]$ – допускаемый технический ресурс, ч.

Для оценки технического ресурса узла трения «винт-обойма» с учетом параметрических отказов используем формулу для вращательной кинематической пары [3]:

$$T = \frac{60000 A E_{\text{пр}} \varepsilon d h_e}{\pi P n} \geq [T]; \quad (1)$$

где P – нагрузка, определяемая из силового расчета трибосопряжения «винт-обойма», МПа; n – частота вращения винта, задается кинематическим анализом погружного винтового насоса, мин⁻¹; h_e – зазор в сопряжении, который устанавливается путем расчета на точность, мм; $E_{\text{пр}}$ – приведенный модуль упругости, обусловленный видом материалов пары «винт-обойма», МПа; A – коэффициент, устанавливаемый экспериментально или на основе испытаний погружного насоса в различных средах, при прокачке нефти, $A \approx 0,1 \dots 0,5$.

Расчетный технический ресурс может быть ограничен заданными пределами путем соответствующей корректировки составляющих формулы (1).

Оценка технического ресурса и допустимых нагрузок подшипников качения

Износ подшипников качения является следствием проскальзывания тел качения при движении их по канавке се-

паратора, так как пути трения их во внутреннем и внешнем кольце разные [4]. Определенную роль играет также механический фактор, выражающийся в

преобладание момента сопротивления над моментом движущихся сил (рисунок 1).

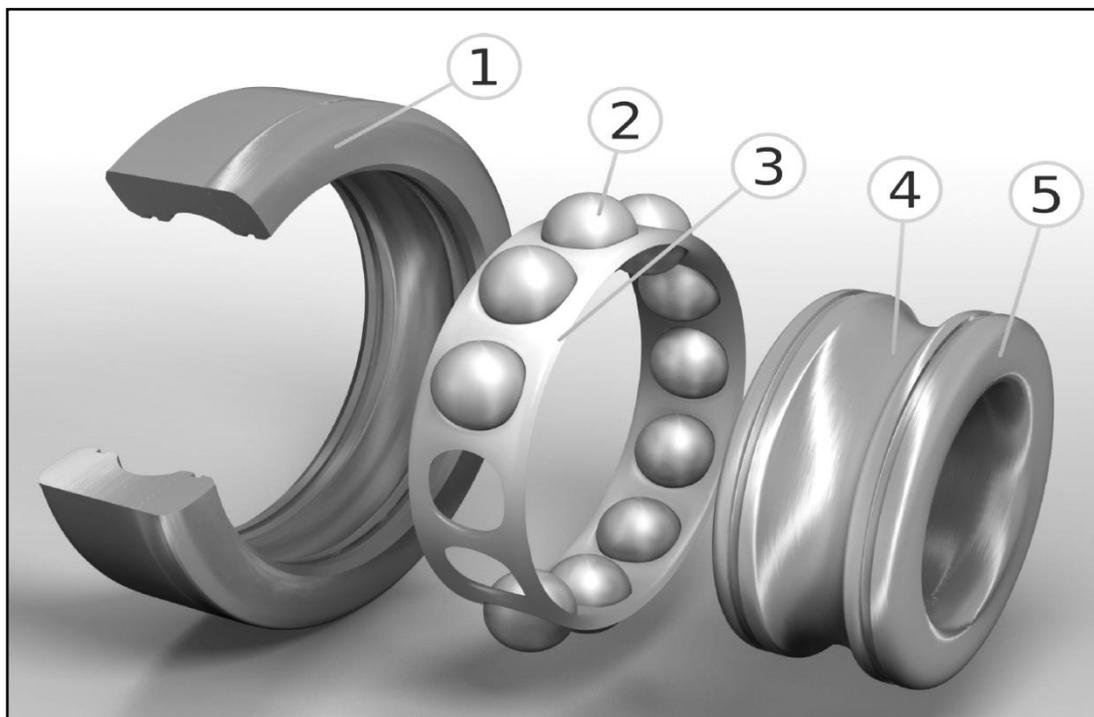


Рисунок 1 – Детали трибосопряжения подшипника качения: 1 – внешнее кольцо, 2 – шарик, 3 – сепаратор, 4 – дорожка качения (рабочая часть), 5 – внутреннее кольцо

Интенсивность изнашивания подшипников в сложных условиях эксплуатации погружного насоса достаточно высокая. При чрезмерной обводнённости добываемой нефти, наличия в ней различных примесей, трущиеся поверхности плохо смазываются, и трение по своему характеру приближается к трению без смазки.

Расчет интенсивности изнашивания подшипников качения в работе [5] предлагается выполнять по формуле:

$$I = \frac{I_0 \Psi R' r}{2 \pi R \mu E_c f^x (x+1)} \left(\frac{2T}{18} \right)^{x-1}, \quad (2)$$

где I_0 – интенсивность изнашивания при давлении $P = 0,1$ МПа; Ψ – отношение истинного проскальзывания к ка-

жущемуся; R – радиус дорожки трения, мм; μ – безразмерный коэффициент, характеризующий тангенциальную жесткость контакта в направлении проскальзывания; x – показатель степени, отражающий влияние нагрузки на износ и зависящий от вида деформации неровностей (упругий или пластический контакт); δ – ширина площади контакта, мм; R' – приведенный радиус, мм.

Используя экспериментальные данные и выполнив преобразования над (2), получим зависимость интенсивности изнашивания подшипников в следующем виде:

$$I = \frac{I_0 \Psi R' f z}{\pi \mu (x+1)} (0,6 \cdot P_{max})^{x+1} \left(\frac{1}{R_E} \frac{2}{R_m Z_0} \right),$$

где Z_o – число одновременно контактирующих шариков при действии только радиальной нагрузки, шт.; R_B – радиус внутреннего кольца по желобу, мм; $R_{ш}$ – радиус шариков, мм; z – число шариков, шт.; f – коэффициент трения.

В результате проведения экспериментальных наблюдений была подтверждена зависимость между нагрузкой P и ресурсом подшипника L .

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^\alpha, \quad (3)$$

где C – динамическая грузоподъемность – постоянная нагрузка, которую подшипник может выдержать до появления признаков усталости в течение 10^6 оборотов, кгс; α – показатель степени, равный 3 для шарикоподшипников и 3,33 для роликоподшипников.

Зависимость (3) является уравнением наклонной ветви кривой усталости. Подбор стандартных подшипников проводится по формуле (3) в соответствии с методикой, изложенной в [6]. Для подшипников качения расчетный технический ресурс будет иметь следующий вид:

$$T = \frac{A E_{пр} F_k h_e}{P [\bar{V}_z + W_z \bar{r}_z + W_x \bar{r}_x + W_y \bar{r}_y]}. \quad (4)$$

В формуле (4) приведенный модуль упругости определяется по формуле:

$$E_{пр} = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2} = \frac{2E_{ш} E_k}{E_{ш} + E_k},$$

где $E_{ш}$ – модуль упругости шарика или ролика, МПа; E_k – модуль упругости кольца подшипника, МПа.

Путем решения контактной задачи Герца теории упругости можно определить контактные напряжения в подшипниках качения. Для шарикоподшипников контактное напряжение определяется как

$$\sigma = 8400 \sqrt{\frac{10P}{z d_{ш}^2}}, \quad (5)$$

а для подшипников с короткими цилиндрическими роликами как

$$\sigma = 1900 \sqrt{\frac{10P}{z d_p l_{эф}}}, \quad (6)$$

где P – радиальная нагрузка на подшипник, Н; z – число шариков для шарикового и число роликов для роликового подшипника; $d_{ш}$ – диаметр шариков, мм; d_p – диаметр роликов, мм; $l_{эф}$ – эффективная длина, мм.

Наибольшие допускаемые контактные напряжения для подшипниковых сталей принимаются при начальном касании в точке до давления 5000 МПа, при начальном касании по линии – до 3000 МПа. Переходя от возникающих к допускаемым напряжениям, формулы (5) и (6) можно записать в следующем виде:

$$\sigma = 8400 \sqrt{\frac{10P}{z d_{ш}^2}} \leq [\sigma] = 5000 \text{ МПа}$$

$$\sigma = 1900 \sqrt{\frac{10P}{z d_p l_{эф}}} \leq [\sigma] = 3000 \text{ МПа}$$

После преобразования получим допустимые значения радиальных нагрузок для шарикоподшипников и роликоподшипников соответственно:

$$P = 35,4 z d_{ш}^2 \text{ и}$$

$$P = 24,9 z d_p l_{эф}.$$

Оценка технического ресурса зубчатой передачи

Трибосопряжение зубчатых колес является важным элементом в редукторе погружного насоса и влияет на его коэффициент полезного действия при

работе на сложных скважинах с механическими примесями и высокой вязкостью нефти.

Расчетный срок службы зубчатого колеса можно определить через параметры прототипа по формуле:

$$T_p = T_n \frac{V_n P_n H_n}{V_p P_p H_p}, \quad (7)$$

где T_n – срок службы прототипа, ч; V_n, V_p – скорость трения зубьев прототипа и рассчитываемого колеса, соответственно, м/с; P_n, P_p – среднее удельное давление на поверхности зубьев прототипа и рассчитываемого колеса, соответственно, МПа; H_n, H_p – твердость поверхности зубьев прототипа и рассчитываемой детали, соответственно, HRC_Э.

Здесь коэффициенты степени при P и V приняты равными единице.

Для выражения членов формулы (7) через конструктивные параметры зубчатых колес рассмотрим зацепление двух колес. Если два профиля зубчатых колес касаются в точке C (рис 2, а), то наблюдается перекачивание и скольжение зубьев. Относительную скорость скольжения $V_{ск}$ можно определить, ис-

пользуя известное правило механики. Сообщим всей системе угловую скорость ω_1 с обратным знаком. При этом шестерня останавливается, а колесо поворачивается вокруг полюса зацепления Π , как мгновенного центра, с угловой скоростью, равной $(\omega_1 + \omega_2)$. Тогда скорость относительного движения (скольжения) в точке C определяется как

$$V_{ск} = e(\omega_1 + \omega_2),$$

где ω_1 и ω_2 – угловые скорости первого и второго колеса, соответственно; e – расстояние от полюса до точки контакта.

Скорость скольжения в полюсе равна нулю, а при переходе через полюс меняет знак. На поверхности зубьев максимальное скольжение наблюдается на ножках и головках зубьев, на начальной окружности оно равно нулю и изменяет направление (рис. 2 б). Скольжение сопровождается трением, которое способствует потерям в зацеплении и износу зубьев. У ведущих зубьев силы трения направлены от начальной окружности, а у ведомых – к начальной окружности.

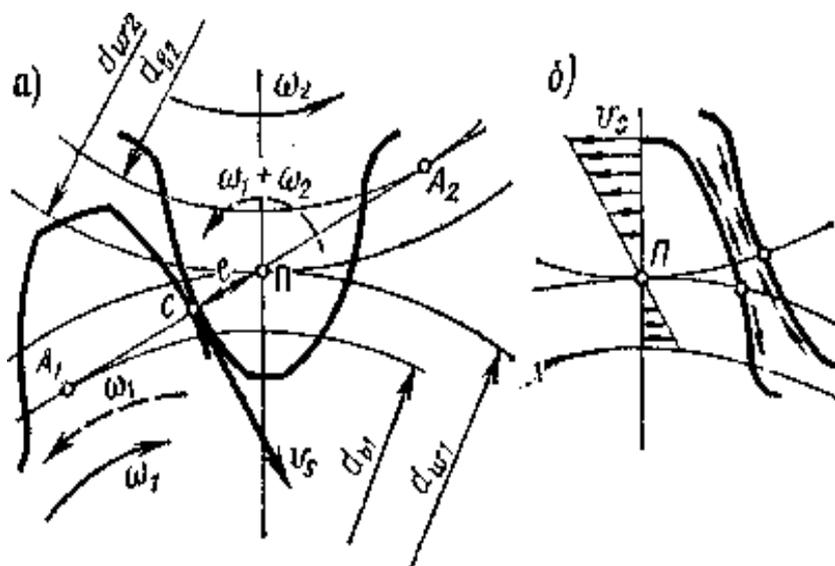


Рисунок 2 – Перекачивание, скольжение (а) и трение (б) зубьев трибосопряжения зубчатой передачи

Скорость скольжения определяется из плана скоростей как вектор, пропорциональный отрезку ($C_1 C_2$). За полюс плана скоростей принимается точка C .

Для внешнего зацепления скорость скольжения равна

$$V_{ск} = V_{c_2 c_1} = (\omega_1 + \omega_2) (P_o C),$$

а для внутреннего зацепления

$$V_{ск} = (\omega_1 - \omega_2) (P_o C),$$

где $P_o C$ – расстояние от точки зацепления до полюса.

В теории механизмов и машин для оценки взаимного скольжения профилей пользуются понятием коэффициента скольжения зубьев. Формулы для определения коэффициентов скольжения λ_1 и λ_2 для внешнего зацепления, λ'_1 и λ'_2 для внутреннего зацепления имеют вид:

$$\lambda_1 = \left(1 + \frac{1}{i_{12}}\right) \frac{(P_o C)}{\rho_1}, \quad \lambda_2 = (1 + i_{12}) \frac{(P_o C)}{\rho_2},$$

$$\lambda'_1 = \left(1 + \frac{1}{i_{12}}\right) \frac{(P_o C)}{\rho_1}, \quad \lambda'_2 = (1 + i_{12}) \frac{(P_o C)}{\rho_2},$$

где i_{12} – передаточное отношение зубчатых колес 1 и 2; ρ_1 и ρ_2 – плотность материала 1 и 2 колеса, соответственно, кг/м².

Для расчета на долговечность берется наибольшее значение ($P_o C$) рас-

стояния от точки зацепления до полюса. Аналитически это выражение равно половине длины линии зацепления ab , то есть:

$$P_o C = \frac{ab}{2} = 0,5 \left(\sqrt{R_{r_1}^2 - z_1^2} + \sqrt{R_{r_2}^2 - z_2^2} - A \sin \alpha \right),$$

где R_{r_1} и R_{r_2} – радиусы окружностей головок колес, мм; A – межцентровое расстояние, мм; r_1 и r_2 – радиусы основных окружностей колес.

Удельное давление двух контактирующих колес определяется по формуле:

$$P = \frac{M_k (i \pm 1) K_k K_d}{A b i \cos \alpha},$$

где M_k – крутящий момент, приложенный к валу ведомого колеса, Нм; i – передаточное отношение; b – ширина колес, мм; α – угол зацепления, град.; K_k – коэффициент концентраций нагрузки; K_d – коэффициент динамичности нагрузки.

При подстановке полученных значений в формулу (7) формула примет вид:

$$T_p = T_n \frac{(\omega_{1n} \pm \omega_{2n}) \left[0,5 \sqrt{R_{r_{1n}}^2 - z_{1n}^2} + \sqrt{R_{r_{2n}}^2 - z_{2n}^2} - A_n \sin \alpha_n \right]}{(\omega_{1p} \pm \omega_{2p}) \left[0,5 \sqrt{R_{r_{1p}}^2 - z_{1p}^2} + \sqrt{R_{r_{2p}}^2 - z_{2p}^2} - A_p \sin \alpha_p \right]} \times$$

$$\frac{M_{кп} (i_{п} \pm 1) K_{кп} K_{дп} A_{п} b_{п} i_{п} \cos \alpha_{п}}{M_{кр} (i_{п} \pm 1) K_{кр} K_{др} A_{п} b_{п} i_{п} \cos \alpha_{п}}$$

Выражая угловые скорости через частоту вращения и проведя преоб-

зования, получаем расчетный срок службы зубчатого колеса:

$$T_{п} = T_{п} \frac{(H_{1п} \pm H_{2п}) \left(\sqrt{R_{г1п}^2 - z_{1п}^2} + \sqrt{R_{г2п}^2 - z_{2п}^2} - A_{п} \sin \alpha_{п} \right)}{(H_{1п} \pm H_{2п}) \left(\sqrt{R_{г1п}^2 - z_{1п}^2} + \sqrt{R_{г2п}^2 - z_{2п}^2} - A_{п} \sin \alpha_{п} \right)} \times \frac{M_{кп} (i_{п} \pm 1) K_{кп} K_{дп} A_{п} b_{п} i_{п} \cos \alpha_{п}}{M_{кр} (i_{п} \pm 1) K_{кр} K_{др} A_{п} b_{п} i_{п} \cos \alpha_{п}}, \quad (8)$$

Для упрощения выражения (8) примем $K_{кп} = K_{кр} K_{дп} = K_{др} \alpha_{п} = \alpha_{п1}$, а $n_1 \pm n_2$ представим как $n_2 (i \pm 1)$, где n_2 – частота вращения ведомого

колеса. Тогда формула оценки расчетного срока службы зубчатой передачи приобретет окончательный вид:

$$T_{п} = T_{п} \frac{n_{2п} \left(m \sqrt{0,5 Z_{п}^2 + Z_{п} + 1} + \sqrt{m(Z_{п} + 1)} - 0,5mZ_{п}(i_{п} + 1) \sin \alpha \right)}{n_{2п} \left(m \sqrt{0,5 Z_{п}^2 + Z_{п} + 1} + \sqrt{m(Z_{п} + 1)} - 0,5mZ_{п}(i_{п} + 1) \sin \alpha \right)} \times \frac{M_{кп} \varphi_{Ап} \frac{0,25}{i} Z_{п}^2 (i_{п} + 1)^4}{M_{кр} \varphi_{Ар} \frac{0,25}{i} Z_{п}^2 (i_{п} + 1)^4},$$

где m – модуль передачи; $Z_{п}, Z_{п}$ – число зубьев прототипа и рассчитываемого колеса; $i_{п}, i_{п}$ – передаточное отношение прототипа и рассчитываемой передачи; $\varphi_{Ап}, \varphi_{Ар}$ – коэффициент ширины зуба прототипа и рассчитываемого колеса; $n_{2п}, n_{2п}$ – частота вращения прототипа и рассчитываемого колеса, мин⁻¹.

Заключение

Анализ показывает, что наиболее изнашиваемыми деталями трибосопря-

жений погружного насоса являются пара «винт-обойма», подшипники качения и зубчатая передача. Выведены аналитические выражения для оценки технического ресурса и допустимых нагрузок наиболее ответственных деталей трибосопряжений. Анализ работоспособности этих деталей и предложенные методики расчета их технического ресурса позволяют объективно оценить запас их прочности и использовать для практического определения надежности работы насосного агрегата.

Библиографический список

1. Ахмедпашаев М.М., Ирзаев Г.Х., Ахмедпашаев М.У. Оценка технического ресурса типовых деталей трибосопряжений погружного насоса // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2019. № 4. С. 182-186.
2. Ирзаев Г.Х. Оптимизация системы показателей при управлении технологичностью изделий машиностроения // Вестник машиностроения. 2009. № 8. С. 83-87.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов деталей машин. – М.: Академия, 2007. – 496 с.
4. Черменский О.Н., Федотов Н.Н. Подшипники качения. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
5. ГОСТ Р 54660-2011. Подшипники качения. Статическая грузоподъемность. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
6. Чернышов В.Н., Мишин В.В., Пальчевский А.В., Селихов А.В. Моделирование активного сопротивления подшипникового узла // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2011. № 2-2 (286). С. 18-23.

References

1. Ahmedpashaev M.M., Irzaev G.H., Ahmedpashaev M.U. Ocenka tekhnicheskogo resursa tipovyh detalej tribosopryazhenij pogruzhnogo nasosa // Sbornik v mashinostroenii, priborostroenii. 2019. № 4. S. 182-186.
2. Irzaev G.H. Optimizaciya sistemy pokazatelej pri upravlenii tekhnologichnost'yu izdelij mashinostroeniya // Vestnik mashinostroeniya. 2009. № 8. S. 83-87.
3. Dunaev P.F., Lelikov O.P. Konstruirovaniye uzlov detalej mashin. – M.: Akademiya, 2007. – 496 s.
4. Chermenskij O.N., Fedotov N.N. Podshipniki kacheniya. – M.: Mashinostroenie, 2003. – 576 s.
5. GOST R 54660-2011. Podshipniki kacheniya. Staticheskaya gruzopod'emnost'. – M.: Standartinform, 2014. – 16 s.
6. Chernyshov V.N., Mishin V.V., Pal'chevskij A.V., Selihov A.V. Modelirovaniye aktivnogo soprotivleniya podshipnikovogo uzla // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. 2011. № 2-2 (286). S. 18-23.

Статья поступила 18.03.2021 г.

© М.М. Ахмедпашаев, Г.Х. Ирзаев, М.У. Ахмедпашаев, 2021

Сведения об авторах **List of Authors**

Ахмедпашаев Мурад Магомедпашаевич – соискатель кафедры конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств и материаловедения Дагестанского государственного технического университета.
Murad Akhmedpashaev – Applicant of the Department of Design and Technological Support of Machine-Building Production and Material Science, Daghestan State Technical University.

Ирзаев Гамид Хайбулаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Дагестанского государственного технического университета.

Gamid Irzaev – *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Automated Systems Software, Daghestan State Technical University.*

Ахмедпашаев Магомедпаша Узайруевич – доктор технических наук, доцент кафедры конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств и материаловедения Дагестанского государственного технического университета.

Magomedpasha Akhmedpashaev – *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Design and Technological Support of Machine-Building Production and Material Science, Daghestan State Technical University.*

Правила оформления и представления статей

1. Статья, направляемая в редакцию журнала «Научные исследования: итоги и перспективы», должна быть тщательно отредактирована и представлена в электронном виде в формате текстового редактора «MS Word 2007» (параметры страницы – А4; поля – 2,0 см; ориентация книжная; шрифт Times New Roman, высота 12; межстрочный интервал – 1,0). Текст статьи представляют в редакцию по электронной почте: naukajournal@mail.ru.

2. Статья должна содержать краткий обзор проблемы, из которого следует постановка задачи, обосновывать актуальность темы, отражать теоретические и (или) экспериментальные результаты и содержать выводы, свидетельствующие о новизне полученных результатов. Текст статьи должен быть четко структурирован и иметь подзаголовки: введение, теоретические и (или) экспериментальные исследования, заключение, список литературы.

3. В начале статьи в левом верхнем углу ставится индекс УДК. Далее на первой странице данные идут в такой последовательности: – инициалы и фамилии авторов, – полное название статьи (шрифт жирный, буквы прописные), – краткая (5-7 строк) аннотация (курсив), – ключевые слова (5-7 слов). Далее авторы, название статьи, аннотация и ключевые слова повторяются на английском языке. Затем идет текст самой статьи и библиографический список. Статья завершается сведениями об авторах: ф.и.о. (полностью), ученая степень, ученое звание, место работы (полностью), должность, контактные телефоны. Сведения об авторах также повторяются на английском языке. Количество авторов рекомендуется не более пяти.

4. Объем статьи не должен превышать 10 страниц текста, содержать не более 5 рисунков или фотографий. Иллюстрации (рисунки, графики) должны быть расположены в тексте статьи и выполнены в одном из графических редакторов (формат tif, pcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf). Допускается также создание и представление графиков при помощи табличных процессоров Excel, Quattro Pro, MS Graph. Каждый рисунок должен иметь номер и подпись. Рисунки и фотографии должны иметь контрастное изображение. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь номер и заголовки.

5. Формулы и буквенные обозначения величин должны быть набраны во встроенном редакторе формул. Каждая формула, на которую есть ссылка в статье, должна иметь номер, расположенный у правой границы поля страницы.

6. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д., и т.п.). Допускается введение предварительно расшифрованных сокращений.

7. Библиографический список должен быть оформлен по ГОСТ 7.0.5-2008 и включать: фамилию и инициалы автора, название статьи, название журнала, том, год, номер или выпуск, страницы, а для книг – фамилии и инициалы авторов, точное название книги, место издания (город), издательство, год издания, количество страниц. Нумерация источников указывается в порядке упоминания в тексте.

8. При необходимости к статье прилагаются заключение о возможности открытого опубликования и экспертное заключение комиссии по экспортному контролю.

9. Все статьи проходят проверку на оригинальность.

10. Статья рецензируется ведущим учёным в данной области, как правило, доктором наук.

11. Электронная версия опубликованной статьи размещается в системе РИНЦ.

12. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

13. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются. Датой поступления статьи считается день получения редакцией окончательного текста. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

14. Статьи публикуются бесплатно.

«Научные исследования; итоги и перспективы» – рецензируемый научно-технический журнал, публикующий статьи по следующим научным направлениям и специальностям:

05.12.00 – Радиотехника и связь.

05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии. 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

05.02.00 – Машиностроение и машиноведение

05.02.02 – Машиноведение системы приводов и детали машин. 05.02.04 – Трение и износ в машинах. 05.02.08 – Технология машиностроения.

05.27.00 – Электроника.

05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

05.22.00 – Транспорт.

05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте. 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта.

25.00.00 – Науки о Земле.

25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ.

25.00.35 – Геоинформатика.

05.18.00 – Технология продовольственных продуктов.

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов плодоовощной продукции и виноградарства.

05.18.06 – Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов. 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ. 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания.

05.23.00 – Строительство.

05.23.21 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения. 05.23.07 – Гидротехническое строительство. 05.23.16 – Гидравлика и инженерная гидрология.

05.17.00 – Химическая технология.

05.17.01 – Технология неорганических веществ. 05.17.04 – Технология органических веществ. 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов. 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:
итоги и перспективы
2021 № 2 (Том 2)**

**SCIENTIFIC RESEARCHES:
results and prospects
2021 № 2 (Vol. 2)**

Ответственный за выпуск – Ирзаев Г.Х.
Компьютерная верстка – Алиева П.А.
Дизайн обложки – Тагиев М.Х.

Подписано в печать 13.06.2021 г. Дата выхода в свет 26.06.2021 г.
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 9,47. Уч.-изд. л. 3,92. Тираж 500. Заказ № 789

Электронная версия журнала
«Научные исследования: итоги и перспективы»
размещена на сайте www.dstu.ru

Учредитель/редакция/издатель
Дагестанский государственный технический университет
Адрес: 367026, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70.
Тел. +7 (8722) 62 37 15
E-mail: naukajournal@mail.ru

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ИП Тагиева Р.Х.
г. Махачкала, ул. Батырая, 149. Тел.: 8 928 048 10 45

“ ф о р м а т ”