7universum.com

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: технические науки

Выпуск: 4(73)

Апрель 2020

Часть 2

Москва
2020

УДК 62/64+66/69

ББК 3

U55

Главный редактор:

Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук;

Заместитель главного редактора:

Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук;

Члены редакционной коллегии:

Демин Анатолий Владимирович, д-р техн. наук;

Елисеев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук;

Звездина Марина Юрьевна, д-р. физ.-мат. наук;

Ким Алексей Юрьевич, д-р техн. наук;

Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;

Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;

Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;

Мартышкин Алексей Иванович, канд. техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;

Юденков Алексей Витальевич, д-р физ.-мат. наук.

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 4(73). Часть 2. М., Изд. «МЦНО», 2020. – 96 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/473>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2020.73.4-2

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2020 г.

Содержание

Транспорт	5
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОРСКИХ СУДОВ Марьянов Денис Николаевич	5
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВЫПУСКНЫХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ Куропятник Алексей Андреевич	10
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВАГОНА ПО ТОРМОЗНЫМ ПОЗИЦИЯМ Саидивалиев Шухрат Умарходжаевич Эргашева Захро Валижановна	17
ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИНИМАЛЬНО НЕИЗБЕЖНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ Сагин Сергей Викторович	26
Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности	32
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКИХ АЗОТНОКАЛЬЦИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ НИТРАТНОАММОНИЙНОКАЛЬЦИЕВОГО РАСТВОРА И КАРБАМИДНО– АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ Шеркузиев Дониёр Шермаматович Усмонова Зулфия Тохиржоновн Намазов Шафоат Саттарович	32
Химическая технология	39
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА Шеркузиев Дониёр Шермаматович Арипов Хайруллахан Шукурулаевич Аскарова Ойдин Каримхон кизи Махмудова Маъмурахон	39
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ Домуладжанов Ибрагимжон Хаджимухамедович Холмирзаев Юсуфали Мухаммадсаидович Домуладжанова Шахло Ибрагимовна	44
БИТУМНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ГОССИПОЛА Умурова Шаходат Шавкатовна Жамолова Нодира Жобир кизи Амонов Мухтар Рахматович Равшанов Казокмурод Асадович Ниёзов Алишер Камилович	48
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАЗРУШЕНИЕ МЕСТНЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ Сатторов Мирвохид Олимович Ямалетдинова Айгуль Ахмадовна Бакиева Шахноза Комиловна	52
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МОКРЫМ СПОСОБОМ Эргашев Насимбек Ахмаджонович	59
РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА И РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕПАРАТА «АЛЬПЕК» В ФОРМЕ ТАБЛЕТОК Абдуразаков Аскар Шералиевич Азизова Матлуба Абдухаликовна Хван Алла Михайловна Зухурова Гулнора Васитовна Сагдуллаев Шамансур Шахсаидович	63

Электротехника	69
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАКАЧКИ ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЯХ	69
Насиров Тулкун Закирович	
Хожиев Фаррух Анварович	
Солиева Мухлиса Икром кизи	
Энергетика	72
ДИСТАНЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ БОЛЬШИХ ПЕРЕМЕННЫХ ТОКОВ	72
Амиров Султан Файзуллаевич	
Бабаназарова Наргиса Камиловна	
АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ВИДОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ УЗБЕКИСТАНА	76
Жураева Зухра Исламовна	
Жураев Ислон Рахматович	
МОДЕЛЬ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	82
Козлов Андрей Васильевич	
Залесский Виктор Сергеевич	
РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ АВТОНОМНЫХ СИНХРОННЫХ МАШИН	85
Пирматов Нурали Бердиёрович	
Муминов Махмуджон Умурзакович,	
ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	89
Бараев Марат Асхатович	
Радкевич Мария Викторовна	

ТРАНСПОРТ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОРСКИХ СУДОВ**Марьянов Денис Николаевич***аспирант, Национальный университет Одесская морская академия,
Украина, г. Одесса**E-mail: denismaryanovv@gmail.com*IMPROVING THE FUNCTIONING OF SPECIAL SYSTEMS OF SPECIALIZED
MARINE VESSELS**Denys Maryanov***graduate student of National University Odessa Maritime Academy,
Ukraine, Odessa*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности перевозки морскими специализированными судами специальных технических жидкостей (бурильных суспензий). Определено, что в связи с легированием этих жидкостей тяжелыми химическими соединениями происходит стратификация их плотности. Экспериментально установлено, что стратификация плотности бурительных суспензий может достигать 48...53 %. Для предотвращения этого явления предложено обеспечить дополнительную циркуляцию суспензии в грузовом танке. Экспериментально подтверждено, что при этом обеспечивается поддержание стратификации плотности бурительной суспензии в объеме грузового танка на уровне 1,5...2,1 %.

ABSTRACT

Peculiarities of transportation of specialized technical fluids (drilling suspensions) by specialized marine vessels are considered. It is determined that due to the doping of these liquids with heavy chemical compounds, their density is stratified. It was experimentally established that the stratification of the density of drill slurries can reach 48...53 %. To prevent this phenomenon, it was proposed to provide additional circulation of the suspension in the cargo tank. It has been experimentally confirmed that this ensures the maintenance of stratification of the density of the drilling suspension in the volume of the cargo tank at the level of 1.5...2.1 %.

Ключевые слова: морское специализированное судно, технические жидкости, реологические характеристики, седиментация, плотность, стратификация плотности.

Keywords: specialized marine vessel, technical fluids, rheological characteristics, sedimentation, density, density stratification.

Ежегодное увеличение потребления углеводородного сырья, превалирование использования жидкого и газообразного топлива над твердым, отсутствие реальных альтернатив нефти и газу как основному источнику тепловой энергии приводит к постепенному истощению их континентальных месторождений. Дальнейший рост потребления энергии в промышленности, на транспорте и в повседневной жизни повышает дефицит топлива нефтяного происхождения, который может быть обеспечен только континентальными запасами. Поэтому в последнее время большое количество стран развивают и расширяют освоение ресурсов континентального шельфа и Мирового океана. При этом добыча углеводородного сырья осуществляется на автономных

буровых платформах, расположенных вне материковых территорий, а поэтому требующих доставки на них специального оборудования, техники и материалов.

Морские суда, обеспечивающие заходку якорей, буксировку и снабжение морских буровых платформ, характеризуются повышенной насыщенностью судовой энергетической установки вспомогательным оборудованием, наличием специализированных механизмов и систем, а также необходимостью транспортировки технических жидкостей, которые в последствии используются для обеспечения процесса добычи нефтепродуктов. Эти жидкости (бурительные суспензии) выполняют функции смазывания, охлаждения и промывания

бурового оборудования и являются их неотъемлемой частью [9].

По своему структурному составу бурильные суспензии представляют собой смеси высокомолекулярных соединений с отдельными металлоорганическими (щелочными, щелочноземельными, переходными), кремнийорганическими и фторорганическими соединениями. Это увеличивает их плотность, вязкость, а также существенно изменяет реологические характеристики [11]. Их транспортировка на буровые платформы выполняется морскими специализированными судами, которые осуществляют их перевозку в грузовых танках. Время транспортирования зависит от удаленности буровой платформы от базового порта, скоростных характеристик судна, а также от внешних условий (погоды, ветра, волнения моря) и может достигать 7...10 дней. При этом, в связи с действием гравитационных сил, более тяжелые компоненты, входящие в состав бурильных суспензий, постепенно осаждаются в грузовых танках. Это приводит не только к ухудшению их функциональных характеристик за счет расслоения, но и способствует образованию плотных кремний органических и графитовых соединений на дне грузового танка. Результатом этого может стать полное отсутствие текучести бурильной суспензии и не возможность ее транспортировки из грузового танка специализированного судна на буровую платформу [12].

Для ликвидации подобных последствий требуется значительное время (от нескольких часов до нескольких дней) на демонтаж системы перекачивания груза, очистку грузовых танков и восстановление реологических характеристик перевозимых технических жидкостей [4].

Поддержание реологических характеристик бурильных суспензий, является актуальной прикладной задачей (поскольку обеспечивает надежное функционирование оборудования и непрерывность процесса добычи и транспортировки углеводородного сырья), при этом ее решение, как правило, рассматривается и обеспечивается для континентальных месторождений, для условий, не учитывающих специфику транспортировки и передачи бурильных суспензий на морские или океанские буровые платформы. [3, 10]. Вопросы обеспечения функциональных свойств и эксплуатационных характеристик подобных технических жидкостей применительно к морской отрасли практически не изучены; правила их транспортировки не имеют подтвержденных практических рекомендаций; латентное ухудшение их реологических показателей (вязкости, плотности, седиментационной стойкости) не всегда может быть определено, оценено и устранено судовым экипажем [1].

Задачей исследования являлось определение стратификации плотности технических жидкостей (бурильных суспензий) при их транспортировке в

танках специализированного морского судна с последующей разработкой практических рекомендаций по обеспечению минимального уровня данной стратификации.

Экспериментальные исследования выполнялись на морском специализированном судне, обеспечивающем снабжение нефтедобывающих платформ.

Плотность бурильных суспензий в 1,3...1,5 раза превышает плотность нефтепродуктов (топлива и масла), находящихся на судне. Это (для обеспечения остойчивости) вынуждает располагать грузовые танки, в которых находится бурильные суспензии, ниже ватерлинии. К конструктивным недостаткам системы транспортировки бурильной суспензии также относится повышенная длина трубопроводов, обеспечивающих ее перекачивание с борта судна на океанскую или морскую платформу. Как первое, так и второе способствует росту гидродинамических потерь, повышает вероятность нарушения сплошности потока при движении суспензии по магистралям системы, а также может способствовать возникновению срывов всасывания грузовых насосов. Решение проблемы повышения однородности бурильной суспензии, транспортируемой в грузовых танках специализированных судов, предлагалось различными способами, к наиболее распространенным из которых относятся разбавление/промывание суспензии морской водой, паровой обогрев магистралей, добавление специальных присадок [2, 13, 14].

Одним из вариантов, обеспечивающих сохранение эксплуатационных свойств бурильных суспензий, а также поддержания необходимого технического и функционального состояния судовой системы транспортировки бурильной суспензии, является ее упрощение путем минимизации протяженности магистралей и трубопроводов, выбор оптимальной конструкции и режимов работы грузовых насосов, а также непосредственное воздействие на дисперсные компоненты суспензии [6, 7].

Реализация подобной технологии возможна с применением дополнительной системы управления, которая должна обеспечивать:

- постоянный мониторинг плотности бурильной суспензии как в грузовых танках, так и на отдельных участках системы;
- возможность дополнительной принудительной циркуляции бурильной суспензии в грузовых танках;
- дистанционное открытие/закрытие клапанов перепуска и циркуляции;
- контроль давления всасывания грузовых насосов;
- контроль и сигнализацию уровня суспензии в грузовом танке [5, 8].

Один из вариантов решения поставленной задачи был осуществлен за счет использования схемы, приведенной на рис. 1.

Рисунок 1. Схема обеспечения дополнительной циркуляции и контроля плотности технических жидкостей, перевозимых в грузовых танках специализированных судов

В предлагаемом варианте комплектации схема была дооборудована трубопроводами циркуляции, соединяющими нагнетательную линию насоса (забирающего жидкость из нижней части танка) и верхнюю часть грузового танка. При этом обеспечивалось дополнительное движение жидкости из нижней части одного танка в верхнюю часть другого. При этом (по нашему предположению) должно было поддерживаться однородное состояние технической жидкости как находящейся в танке, так и всего ее объема, передаваемой в последствии на буровую платформу. Контроль реологических характеристик технической жидкости осуществляется путем измерения плотности в различных точках грузового танка (точки 1, 2, 3, 4 на рис. 1). При этом, плотность жидкости в точке 1 соответствует плотности на поверхности, в точке 2 – на уровне 30 % от общей высоты столба жидкости – $0,3h$, в точке 3 – на уровне – $0,6h$, в точке 4 – на уровне – $0,9h$.

Конструкция специализированного судна и технология транспортирования технической жидкости предусматривала ее перевозку в четырех равноразмерных грузовых танках. В двух из них выполнялась модернизация (устанавливалась система дополнительной циркуляции в соответствии с рис. 1). Перевозка технической жидкости в двух других танках производилась в обычных условиях, без их модернизации. В обоих парах грузовых танков выполнялся контроль плотности технической жидкости на разной высоте (в точках 1, 2, 3, 4 – рис. 1) в следующем интервале времени: 6, 12, 18, 24 часа. Усредненные результаты измерения в одинаковых точках двух однотипных танков приведены в таблице 1.

По результатам, приведенным в таблице 1, построены номограммы, отражающие изменение плотности буровой суспензии во времени в разных по высоте танках точках измерения (рис. 2).

Таблица 1.

Изменение плотности технической жидкости (ρ , кг/м³) в зависимости от времени ее транспортировки

Уровень, на котором выполняется измерение	Транспортировка без циркуляции					Транспортировка с дополнительной циркуляцией				
	время транспортировки, часы					время транспортировки, часы				
	0	6	12	18	24	0	6	12	18	24
поверхность	1323	1234	1127	1087	1026	1323	1288	1313	1328	1305
$0,3h$	1330	1280	1187	1123	1043	1330	1325	1360	1363	1377
$0,6h$	1355	1386	1476	1506	1602	1355	1351	1341	1352	1335
$0,9h$	1373	1417	1520	1561	1676	1373	1362	1336	1318	1352

Анализ приведенных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. В процесс транспортирования специализированными судами к буровым платформам высокоплотных жидкостей, легированных тяжелыми металлами, в результате процесса седиментации

происходит латентное изменение их плотности по высоте слоя. Это вызвано неоднородностью данных жидкостей и воздействием гравитационных сил на компоненты, имеющие больший удельный вес (металлы, их соли и оксиды, а также другие грубодисперсные составляющие).

Рисунок 2. Стратификация плотности бурильной суспензии при различных условиях ее транспортировки:

а) без циркуляции; б) с дополнительной циркуляцией; 1 – плотность жидкости на поверхности танка; 2 – на глубине 30 % общего объема; 3 – на глубине 60 %; 4 – на глубине 90 %

2. Седиментация высокоплотных жидкостей (бурильных суспензий) в грузовых танках приводит к возникновению стратификации плотности жидкости, находящейся в грузовом танке, и выпадению более тяжелых компонентов в осадок, который накапливается на дне танка. При этом стратификация плотности по глубине грузового танка в зависимости от времени транспортировки может составлять: 12,9 % (для 6 часов), 25,9 % (для 12 часов), 30,4 % (для 18 часов), 38,8 % (для 24 часов). Это вызывает изменение реологических характеристик технических жидкостей – расслоение и уменьшение текучести, что затрудняет и даже может сделать невозможным процесс их перекачивания на буровые платформы.

3. Поддержание реологических характеристик (плотности) технических жидкостей и обеспечение минимального уровня стратификации плотности (в диапазоне 3,6...5,2 % при времени транспортирования 6...24 часов) может быть обеспечено путем их дополнительной циркуляции в объеме грузового танка. При этом необходимо постоянно или периодически осуществлять контроль их плотности по глубине общего объема.

4. Система, обеспечивающая дополнительную циркуляцию технических жидкостей, включает циркуляционный насос, трубопроводы и арматуру и может быть установлена на специализированном судне в соответствии с технологической схемой непосредственно судовым экипажем. Мощность, необходимая

для работы циркуляционных насосов, не оказывает существенного влияния на энергетические показатели судовой электростанции, которая для специализированных судов, обеспечивающих работу буровых платформ, характеризуется повышенными значениями и большим коэффициентом запаса.

5. Предложенная схема дополнительной комплектации системы транспортировки технических

жидкостей повышает эффективность функционирования этих систем и снижает трудозатраты на их обслуживание и поддержание работоспособного состояния.

Предложенная технология может быть использована на специализированных морских судах, обеспечивающих функционирование морских буровых платформ континентального шельфа и морского дна.

Список литературы:

1. Душко О. В. Трибология уплотнителей нефтегазовых объемных гидроагрегатов : моногр. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2005. – 142 с.
2. Лейбович Л., Евстегнеева Ю. Растворимость водорода в смесях жидких топлив при атмосферном давлении / Modern Engineering and Innovative Technologies. – 2017. – № 3(05-03). – С. 46-50. //doi.org/10.30890/2567-5273.2018-05-03-032.
3. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Комплексная оценка эксплуатационных характеристик смазочных углеводородных жидкостей // Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник. – 2014. – Вып. 20. – С. 74-83.
4. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.
5. Сагин С. В. Оптимизация расхода высокощелочного цилиндрического масла судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2016. № 7 (28) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3385>.
6. Сагин С. В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.
7. Сагин С. В., Мацкевич Д. В. Оптические характеристики граничных смазочных слоев масел, применяемых в циркуляционных системах судовых дизелей // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2011. – № 26. – Одесса : ОНМА. – С.116-125.
8. Шулика А. С. Обзор нанотехнологий повышения износостойкости деталей машин // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 148. – Ч. 1. – С. 143-147.
9. Golikov V. A., Golikov V. V., Volyanskaya Ya., Mazur O., Onishchenko O. A simple technique for identifying vessel model parameters // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4th International Scientific Conference SEA-CONF 2018, Published by IOP Publishing Ltd, 2018. – Vol. 172. – № 012010. – P. 1-8. – doi :10.1088/1755-1315/172/1/012010.
10. Karianskyi S. A., Maryanov D. M. Features of transportation of high-density technical liquids by marine specialized vessels // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration January 25, 2020. Part 2. Beijing, PRC. – P. 150-153. DOI. 10.34660/INF. 2020.24.53688.
11. Sagin S. V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils // Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments” Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. – P. 195-202.
12. Sagin S. V. Improving the performance parameters of systems fluids // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018. – № 7-8 (July-August). – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.
13. Sagin S. V., Solodovnikov V. G. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.
14. Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // Indian Journal of Science and Technology. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВЫПУСКНЫХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ

Куропятник Алексей Андреевич

*аспирант, Национальный университет Одесская морская академия,
Украина, Одесса*

E-mail: kuropyatnyk83@gmail.com

ECOLOGICAL PARAMETERS ASSURANCE OF SHIP ENERGY EQUIPMENT DURING EXPLOITATION OF EXHAUST GAS RECALCULATION SYSTEM SHIP ENGINE

Oleksiy Kuropyatnyk

*graduate student of National University Odessa Maritime Academy,
Ukraine, Odessa*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена система рециркуляции выпускных газов судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi. Приведена принципиальная схема системы, указаны способы изменения степени рециркуляции. Приведены результаты исследований по определению влияния рециркуляции выпускных газов на эмиссию оксидов азота в газовых выбросах дизеля, а также на изменение его мощности и удельного эффективного расхода топлива. Экспериментально установлено, что уровень эмиссии оксидов азота находится в обратной зависимости от степени рециркуляции выпускных газов. При увеличении степени рециркуляции в диапазоне значений 0...18,8 % происходит 38,0...53,5 %-е снижение концентрации оксидов азота в выпускных газах. Одновременно с этим для таких же значений рециркуляции установлено снижение на 0,4...3,4 % эффективной мощности дизеля и повышение на 1,8...4,3 % удельного эффективного расхода топлива.

ABSTRACT

The exhaust gases recirculation system of Mitsubishi the ship diesel engine 7UEC60LS has been observed. The principal scheme of system is provided, the measures of recirculation systems changes are showed. The results of exhaust gases impact on nitrogen oxide emission in engine gas emission are provided, as well its impact on power changing and on specific fuel oil consumption. Experimentally it was found that the emission level of nitrogen oxide is in inverse relationship from the exhaust gases recirculation level. The increasing of recirculation level in tolerance 0...18.8 % leads to 38.0...53.5 % decreasing of nitrogen oxide concentration in exhaust gases. In parallel with this, for the same recirculation value the decreasing on 0.4...3.4 % of effective diesel power was fixed as well the increasing on 1.8...4.3 % of effective fuel consumption.

Ключевые слова: судовая энергетическая установка, судовый дизель, система рециркуляции выпускных газов, экологические показатели дизеля, эмиссия оксидов азота, максимальная температура сгорания, эффективная мощность.

Keywords: ship power plant, marine diesel, exhaust gas recirculation system, environmental performance of a diesel engine, nitrogen oxide emission, maximum combustion temperature, effective power.

Одной из особенностей эксплуатации морских судов и их энергетических установок является их подотчетность международным классификационным обществам (например, Lloyd's Register of Shipping – England, Bureau Veritas – France, Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd – Germany, The American bureau of shipping – USA). Причем одно морское судно может быть под надзором сразу нескольких обществ [1, 11]. Эти организации на базе эмпирического опыта, статистического учета и научных исследований разрабатывают свои собственные Правила классификации морских судов и ведут систему непрерывного контроля над соблюдением этих правил на классифицированных судах. Это ограничивает возможность

выполнения конструкционных изменений в устройстве судового энергетического оборудования (как тепловых и механических двигателей, так и систем, обеспечивающих их работу) без соответствующего согласования с этими надзорными органами. Судовой экипаж при выполнении своих функциональных обязанностей лишен возможности самостоятельного переоборудования как самой энергетической установки, так и систем, ее обслуживающих. Поэтому задачей и судовых механиков, и представителей научно-исследовательских организаций является определение оптимальных условий эксплуатации судового энергетического оборудования без внесения каких-либо усовершенствований и модернизаций в ее конструкцию [5].

Выполнение этой задачи связано не только с поддержанием энергетических показателей (обеспечивающих скоростные характеристики судна), но и с выполнением международных и национальных требований к экологическим параметрам работы судовых дизелей (использующихся в качестве главных и вспомогательных двигателей). Одним из таких параметров является содержание оксидов азота в выпускных газах. Поддержание эмиссии оксидов азота с выпускными газами в требуемых пределах на современных морских судах обеспечивается путем использования различных технологических решений (впрыска пресной воды в продувочный ресивер, цилиндр дизеля и выпускной коллектор; подачи в цилиндр дизеля водотопливных эмульсий; каталитической очистки выпускных газов; рециркуляции выпускных газов). Системы рециркуляции выпускных газов – Exhaust gas recirculation (EGR) являют одним из оптимальных способов обеспечения экологических показателей работы судовых энергетических установок. При этом отсутствие системного подхода к их применению снижает их эффективность и приводит к повышению эксплуатационных расходов [2].

В связи с изложенным, целью исследования было определение экологических (концентрации NO_x в выпускных газах) экономических (удельного эффективного расхода топлива b_e) и энергетических (эффективной мощности N_e) показателей работы дизеля при различной степени рециркуляции выпускных газов.

Эксперименты выполнялись на судовом малооборотном дизеле 7UEC60LS фирмы Mitsubishi, оборудованному системой EGR. Основные характеристики дизеля:

- диаметр цилиндра – 600 мм;
- ход поршня – 2400 мм;
- количество цилиндров – 7;
- номинальная мощность – 12600 кВт;
- частота вращения, соответствующая номинальной мощности – 82 об/мин.

Принципиальная схема дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi с системой рециркуляции выпускных газов показана на рис. 1.

Выпускные газы из цилиндров дизеля 11 поступают в общий выпускной коллектор 12 и далее к газотурбоагнетателям 1 и 3, после чего через газовую выпускную трубу удаляются в атмосферу. Газотурбоагнетатели забирают воздух из машинного отделения и после сжатия направляют его через охладители 8 и 9 в воздушный (продувочный) ресивер 10. При этом газотурбоагнетатель 3 оборудован системой рециркуляции выпускных газов, которая состоит из управляющего клапана 2, скруббера очистки газов 4, газового нагнетателя 7, водяной цистерны 6 и водяного насоса 5. В случае использования системы рециркуляции выпускных газов их количество регулируется клапаном 3. Выпускные газы очищаются и предварительно охлаждаются в скруббере 4, после чего дополнительным нагнетателем 7 подаются к компрессору газотурбоагнетателя 3 и вместе со свежим воздухом сжимаются и поступают к охладителю 8, воздушному ресиверу 10 и далее в цилиндр дизеля 11 [8].

Рисунок 1. Принципиальная схема системы EGR судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi:
 1, 3 – газотурбоагнетатель; 2 – управляющий клапан системы рециркуляции выпускных газов;
 4 – скруббер; 5 – водяной насос; 6 – водяная цистерна; 7 – газовый нагнетатель с электрическим приводом; 8, 9 – охладитель наддувочного воздуха; 10 – воздушный ресивер; 11 – цилиндры дизеля; 12 – выпускной коллектор; Т, К – газовая турбина и воздушный компрессор газотурбоагнетателя

Контроль концентрации NO_x в выпускных газах производился с помощью переносного газоанализатора Testo350XL, позволяющего определять в содержании в диапазоне измерения $0 \dots 3000 \text{ млн}^{-1}$ с точностью 1 млн^{-1} [9].

Определение частоты вращения коленчатого вала n (определяющей режим работы дизеля), эффективной мощности N_e , а также удельного эффективного расхода топлива b_e обеспечивалось системой мониторинга основных параметров работы дизеля Doctor, позволяющей определять значения контролируемых величин с отклонением менее $1,0 \%$ [3].

Эксперименты выполнялись для следующих скоростных режимов работы дизеля: 55, 65, 75 и 80 об/мин, что соответствовало значениям относительной мощности дизеля: $0,3N_{\text{ном}}$, $0,5N_{\text{ном}}$, $0,77N_{\text{ном}}$ и $0,93N_{\text{ном}}$. В качестве $N_{\text{ном}}$ принималась номинальная мощность, соответствующая своему значению коэффициента избытка воздуха α [6].

Коэффициент избытка воздуха α определялся с учетом объемных концентраций $\text{O}_{2,\text{Gas}}$ и $\text{N}_{2,\text{Gas}}$ в выпускных газах (измеряемых с помощью газоанализатора Testo350XL) по выражению

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3,76 \frac{\text{O}_{2,\text{Gas}}}{\text{N}_{2,\text{Gas}}}}.$$

Измерение эмиссии NO_x , а также объемных концентраций $\text{O}_{2,\text{Gas}}$ и $\text{N}_{2,\text{Gas}}$ выполнялось в газовыпускной магистрали на расстоянии 10 м от места выхода газов из газотурбонагнетателя, что соответствовало требованиям Технического кодекса Международной морской организации по NO_x .

Степень рециркуляции уходящих газов во время экспериментов изменялась в следующих значениях:

$\text{EGR}=4,7 \%$, $\text{EGR}=9,8 \%$, $\text{EGR}=14,6 \%$, $\text{EGR}=18,8 \%$ и рассчитывалась по выражению

$$\text{EGR} = \frac{\alpha_{\text{реж}} - \alpha_{\text{EGR}}}{\alpha_{\text{реж}}},$$

где $\alpha_{\text{реж}}$ – текущее значение коэффициента избытка воздуха на заданном режиме работы дизеля (в зависимости от частоты вращения дизеля);

α_{EGR} – коэффициент избытка воздуха при использовании системы EGR.

Эксперименты выполнялись при условии стабилизации внешних нагрузок на дизель. Длительность работы дизеля на каждом из режимов составляла $3 \dots 3,5$ часа, в течении которых с периодичностью не более 5 минут выполнялся контроль и фиксация всех указанных параметров. По истечении испытательного цикла полученные значения усреднялись. Изменение режимов работы дизеля (от 55 до 80 об/мин) проводилось последовательно ступенчато. При этом, на каждом новом режиме дизель до начала контроля параметров работал $30 \dots 45$ минут, что обеспечивало равномерное распределение тепловых и массовых потоков. Во время исследований дизель работал на одном и том же сорте топлива (IFO380 LSFO) и цилиндрического масла (Castrol CL 50) [4, 10]. Также постоянными поддерживались значения охлаждающих сред на входе/выходе дизеля (воды и циркуляционного масла) [6].

Результаты исследований приведены в таблице 1 и на рис. 2-4. При этом значения концентрации оксидов азота, удельного эффективного расхода топлива и мощности измерялись системой контроля и диагностики Doctor непосредственно на дизеле, а величина максимальной температуры цикла была получена путем численного моделирования с учетом термодинамических процессов сжатия и сгорания.

Таблица 1.

Изменение показателей работы судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi в зависимости от частоты вращения n , об/мин и степени EGR, %

		Частота вращения коленчатого вала n , об/мин							
		55	65	75	80	55	65	75	80
		Концентрация оксидов азота NO_x , г/(кВт·ч)				Удельный эффективный расход топлива b_e , г/(кВт·ч)			
Степень EGR, %	0	13,3	10,8	8,0	7,1	184,3	181,0	176,2	177,1
	4,7	10,7	8,6	6,7	5,1	188,0	184,1	177,0	178,5
	9,8	9,4	7,8	6,1	4,2	189,2	185,3	178,2	179,5
	14,6	8,4	7,3	4,1	4,1	190,5	188,0	179,1	180,0
	18,8	8,0	6,7	4,0	3,3	192,3	188,8	180,2	180,3
		Относительное снижение мощности $(N_{e\text{EGR}}/N_e) \cdot 100, \%$				Максимальная температура цикла T_z , К			
Степень EGR, %	0	–	–	–	–	1794	1786	1784	1767
	4,7	3,43	2,95	2,06	1,26	1781	1768	1753	1743
	9,8	2,48	1,97	1,56	0,82	1748	1735	1732	1714
	14,6	1,71	1,33	1,11	0,54	1733	1710	1696	1678
	18,8	1,52	1,17	0,76	0,36	1720	1692	1681	1651

Рисунок 2. Изменение удельного эффективного расхода топлива b_e , г/(кВт·ч) судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi в зависимости от частоты вращения n , об/мин и степени EGR, %:
 0 – работа без рециркуляции ($EGR=0\%$); 1 – $EGR=4,7\%$; 2 – $EGR=9,8\%$;
 3 – $EGR=14,6\%$; 4 – $EGR=18,8\%$

Рисунок 3. Изменение концентрации оксидов азота NO_x , г/(кВт·ч) в выпускных газах судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi в зависимости от частоты вращения n , об/мин и степени EGR, %:
 0 – работа без рециркуляции ($EGR=0\%$); 1 – $EGR=4,7\%$; 2 – $EGR=9,8\%$;
 3 – $EGR=14,6\%$; 4 – $EGR=18,8\%$

Рисунок 4. Относительное снижение эффективной мощности $(N_{eEGR}/N_e) \cdot 100$, % судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi в зависимости от частоты вращения коленчатого вала n , об/мин и степени EGR: 1 – EGR=4,7 %; 2 – EGR=9,8 %; 3 – EGR=14,6 %; 4 – EGR=18,8 %

Определяющим фактором образования оксидов азота в цилиндре дизеля является максимальная температура цикла. Согласно высокотемпературному механизму окисления азота в зоне горения (механизма Я. Б. Зельдовича) превышение температуры значения 1500 К способствует повышенному образованию NO_x . При рециркуляции выпускных газов происходит изменение стехиометрического соотношения топливо–воздух, что приводит к ухудшению процесса сгорания и снижению максимальной температуры цикла. Поэтому в задачу исследования вхо-

дило также определения влияния максимальной температуры цикла T_z на эмиссию NO_x в выпускных газах при различной степени их рециркуляции. Номограммы, отражающие это влияние, приведены на рис. 5.

Обобщенная диаграмма снижения максимальной температуры рабочего цикла T_z при разной степени рециркуляции выпускных газов EGR (в диапазоне рассмотренных эксплуатационных нагрузок) судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi, приведена на рис. 6.

а)

б)

в)

г)

Рисунок 5. Влияние максимальной температуры рабочего цикла дизеля T_z на образование оксидов азота NO_x при разных режимах работы судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi: а) $N_{\text{реж}}=0,3N_{\text{ном}}$; б) $N_{\text{реж}}=0,5N_{\text{ном}}$; в) $N_{\text{реж}}=0,77N_{\text{ном}}$; г) $N_{\text{реж}}=0,93N_{\text{ном}}$; 0 – EGR=0 %; 1 – EGR=4,7 %; 2 – EGR=9,8 %; 3 – EGR=14,6 %; 4 – EGR=18,8 %

Рисунок 6. Снижение максимальной температуры рабочего цикла дизеля T_z в зависимости от степени рециркуляции выпускных газов EGR в диапазоне эксплуатационных нагрузок $(0,3...0,93)N_{ном}$: 0 – EGR=0 %; 1 – EGR=4,7 %; 2 – EGR=9,8 %; 3 – EGR=14,6 %; 4 – EGR=18,8 %

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие выводы.

Система EGR обеспечивает принудительную подачу выпускных газов в цилиндр дизеля, при этом в цилиндре изменяется соотношение между горючими компонентами топлива (углеродом, водородом и серой) и окислителем (кислородом, содержащемся в воздухе). Это (при неизменном количестве топлива, подаваемого в цилиндр) ухудшает процесс сгорания, снижает максимальную температуру в цилиндре и уменьшает количество оксидов азота, образующихся при сгорании жидкого топлива. Уровень эмиссии NO_x находится в обратной зависимости от степени рециркуляции системы EGR. При увеличении степени рециркуляции в диапазоне значений $0...18,8\%$

происходит $38,0...53,5\%$ -е снижение концентрации NO_x в выпускных газах.

Обеспечение экологических показателей работы дизеля связано с энергетическими и экономическими параметрами его работы. Благоприятное влияние системы EGR на эмиссию NO_x одновременно способствует снижению эффективной мощности дизеля N_e и увеличению удельного эффективного расхода топлива b_e .

Снижение мощности дизеля N_e связано с увеличением количества выпускных газов, поступающим в цилиндр дизеля (через систему рециркуляции). Это приводит к понижению коэффициента наполнения цилиндра свежим воздухом, величина которого прямо-пропорционально влияет на эффективную мощность. Снижение эффективной мощности при использовании системы EGR на режимах близких к номинальной частоте коленчатого вала $n_{реж}=0,975n_{ном}$ (что соответствует эксплуатационной нагрузке $N_{реж}=0,93N_{ном}$) составляет $0,36...1,2\%$ (при соответственном изменении уровня EGR $18,8...4,7\%$) и при качественной технической эксплуатации дизеля не оказывает существенного влияния на скоростные характеристики судна. При эксплуатации дизеля на скоростных режимах $n_{реж}=0,91n_{ном}$ (когда $N_{реж}=0,77N_{ном}$), $n_{реж}=0,79n_{ном}$ (когда $N_{реж}=0,5N_{ном}$), $n_{реж}=0,67n_{ном}$ (когда $N_{реж}=0,3N_{ном}$) снижение эффективной мощности может достигать $2,48...3,43\%$. Этому, на наш взгляд, способствует ухудшение процесса газообмена в цилиндре и повышение интенсивности отвода тепла от воздушно-газовой смеси в стенки цилиндра при пониженных частотах вращения коленчатого вала.

Увеличение количества выпускных газов, поступающих в цилиндр дизеля при повышении степени рециркуляции EGR, и ухудшение процесса газообмена в цилиндре также являются основной причиной роста удельного эффективного расхода топлива при использовании системы EGR. Повышение этого значения достигает $1,8...4,3\%$ (в зависимости от режима работы дизеля). По нашему мнению, причиной этого является изменение стехиометрического соотношения, а также увеличением потери теплоты от неполноты сгорания топлива. Наибольшее увеличение удельного эффективного расхода топлива соответствует режимам работы дизеля с минимальной частотой вращения коленчатого вала.

Список литературы:

1. Горб С. И., Горб А. С. Программное обеспечение для управления активами на судах // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса : НУ «ОМА». – С. 34-48.
2. Куропятник А. А., Сагин С. В. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2018. – Вып. 24. – С. 72-80.
3. Куропятник О. А. Зниження емісії оксидів азоту судових дизелів методом перепуску выпускних газів // Вісник Одеськ. нац. мор. ун-ту, 2018. – Вип. 4(57). – С. 98-108.
4. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Комплексная оценка эксплуатационных характеристик смазочных углеводородных жидкостей // Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник. – 2014. – Вып. 20. – С. 74-83.

5. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.
6. Сагин С. В., Куропятник А. А. Оптимизация режимов работы системы перепуска выпускных газов судовых среднеоборотных дизелей // Автоматизация судовых технических средств : науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса : НУ «ОМА». – С. 79-89. DOI: 10.316553/ 1819-3293-2019-25-79-89.
7. Сагин С. В., Мацкевич Д. В. Оптические характеристики граничных смазочных слоев масел, применяемых в циркуляционных системах судовых дизелей // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2011. – № 26. – Одесса : ОНМА. – С.116-125.
8. Kuropyatnyk O. A., Sagin S. V. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NO_x Emissions from Marine Diesel Engines // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – 2019. – Vol. 66. – Iss. 1. – P. 1-9. doi.org/10.17818/ NM/2019/1.1
9. Sagin S. V., Kuropyatnyk O. A. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – June 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/ 2018/2.3
10. Sagin S. V., Solodovnikov V. G. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.
11. Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // Indian Journal of Science and Technology. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВАГОНА ПО ТОРМОЗНЫМ ПОЗИЦИЯМ

Саидивалиев Шухрат Умарходжаевич

докторант (PhD) Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,
 Temirylchilar 1-tor kucha, 1, TashIIIT,
 Узбекистан, г. Ташкент
 E-mail: shuxratxoja@mail.ru

Эргашева Захро Валижановна

ассистент, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,
 Temirylchilar 1-tor kucha, 1, TashIIIT,
 Узбекистан, г. Ташкент
 E-mail: shuxratxoja@mail.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF KINETIC ENERGY WHEN MOVING THE CAR ON THE BRAKE POSITIONS

Shukhrat Saidivaliev

Doctoral Student (PhD) Tashkent Institute of Railway Engineers Temirylchilar 1-tor kucha, 1, TIRE,
 Uzbekistan, Tashkent

Zakhro Ergasheva

Assistant Tashkent Institute of Railway Engineers Temirylchilar 1-tor kucha, 1, TIRE,
 Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье на основе теоремы об изменении кинетической энергии для несвободной материальной точки в конечной форме теоретической механики выведены формулы для определения пути торможения вагона в зоне торможения сортировочной горки. При известной величине ускорения при затормаживании вагона путь прохождения вагона участка торможения также можно определить по формуле пути элементарной физики. При этом относительная ошибка расчёта при одном и том же значении начальной скорости составляет $\approx 1,4\%$, что ничтожно мало, что подтверждала корректность вывода аналитической формулы. Это подтверждает бесспорность, корректность и применимость построенных математических моделей применительно к зоне затормаживания вагона на всех участках тормозных позиций.

ABSTRACT

In the article, on the basis of theorems on the change of kinetic energy for a non-free material point in the final form of theoretical mechanics, formulas for determining the braking path of the car in the braking zone of the sorting hill are derived. With a known value of the acceleration during the braking of the car the path of the car braking section can also be determined by the formula of the path of elementary physics. In this case the relative error of the calculation with the same values of the initial velocity is ≈ 1.4 percent, which is negligible, which confirmed the correctness of the derivation of analytic formulas. That confirms indisputability, correctness and applicability of the constructed mathematical models in relation to a zone of braking of the car on all sites of brake positions.

Ключевые слова: Железная дорога, станция, сортировочная горка, вагон, скорость входа вагона в зону торможения, ускорение при торможении, путь и время торможения.

Keywords: Railway, station, marshalling hump, car, the input speed of the car in the area of braking, braking acceleration, the stopping and time.

Актуальность проблемы

Настоящая статья является продолжением серий научных дискуссии по проблеме корректности [1, 2] и/или ошибочности (некорректности) [3 – 19] существующей методики горочных расчетов сортировочных горок [19 – 26]. Так, например, в [1, 2] упорно отстаиваются корректность теоретических основ [20

– 27] таких крупных транспортных объектов, какими являются сортировочные горки (см. стр. 21 в [1]), где широко использованы формулы скорости свободного падения тела с учетом массы вращающихся частей (колёсных пар) вагона для определения скорости движения вагона на всех участках горки, включая

участки тормозных позиций. В [3 – 19] на основе применения классических положений теоретической механики [28, 29] расчетными данными [5, 6, 10 – 12, 17, 19, 30] доказаны некорректность методик горочных расчетов [20 – 27], поскольку теоретические основы сортировочных горок опираются на использование идеальных связей [5, 28, 29, 31], т.е. не учитывается действия сил сопротивления скатывания вагона (см. стр. 22 в [1]). Помимо того, также заметим, что в [1] отмечено, что, «по мнению авторов статьи [3], формула для определения удельного сопротивления от воздушной среды $\mu_{\text{св}}$ является «ошибочной», но в чем ошибка – ответа в статье [3] нет. Следовательно, это безосновательное заявление» (см. стр. 24 в [1]). Отсюда вытекает, что авторы статьи [1, 2], как это не удивительно, упорно отстаивают свои же ошибки.

В [21] и/или что одно и то же в [22], по определению результирующей скорости ветра $\mathbf{v}_r$ (как абсолютной скорости), равной сумме скорости ветра $\mathbf{v}_в$ и вектора $\mathbf{v}_{вг}$, равного по модулю скорости вагона $\mathbf{v}_{\text{вагона}}$, но противоположного по направлению (рис. 1 или рис. V.7 в [22]) [без пояснения причин направления вектора $\mathbf{v}_{вг}$, «противоположного по направлению скорости вагона $\mathbf{v}_{\text{вагона}}$ »]. Пример применение теоремы о сложении скоростей при сложном движении в векторной форме [29, 31], когда задана абсолютная скорость частиц $\bar{\mathbf{v}}_a = \bar{\mathbf{v}}_в$ (например, дождевой капли) и требуется определить относительную скорость частиц воздуха $\bar{\mathbf{v}}_r = \bar{\mathbf{v}}_{\text{от}}$, согласно правилу вычитания векторов, общеизвестно, как задача нахождения скорости дождевой капли относительно вагона (см. пример 2 на стр. 65 в [31]). Отсюда ясно, что основной ошибкой работ [21, 22], а в последующем нормативно-технического документа [23], а также из-за того, что результаты этих работ критически не анализированы, и работы [24], является то, что относительная скорость частиц воздуха $\bar{\mathbf{v}}_r = \bar{\mathbf{v}}_{\text{от}}$ принята за абсолютную скорость частиц (т.е. за скорость ветра по отношению к земле, как к неподвижной системе отсчета) $\bar{\mathbf{v}}_a = \bar{\mathbf{v}}_в$ (см. рис. 1 в [21]).

В [1] также отмечено, что «прежде чем решаться критиковать сделанное ранее, необходимо изучить теоретические подходы и практические инженерные методы хотя бы ведущих школ в области проектирования сортировочных горок [24, 25]» (см. первый абзац средней колонки на стр. 24 в [1]). К сожалению, в [24] без критического анализа результатов работ [21 – 23] вслепую использованы формулы (1) – (6) из последних работ. Все это является одним из основных причин того, что формула для определения удельного сопротивления от воздушной среды $\mu_{\text{св}}$ (4) и/или (5) в [26] отмечена в [3], как «ошибочная». Заметим, что в [23] при использовании формул (1), (3), (4) – (6), ссылка на них сделаны не на [21, 22], а на

[23] (см. стр. 10 в [24]). Отсюда ясно, что результаты исследований в [21] легли в основу не только работы [22], но и в [23], а из последней работы без критического анализа результатов работы [21, 22] формулы (1) – (6) используются до настоящего времени не только в нормативно-техническом документе [26], но и в учебниках для вузов железнодорожного транспорта [27].

Особо оговоримся, что, хотя прикладная задача математического моделирования движения отцепа от участка надвига, вершины горки и по профилю горки с различными уклонами до расчетной точки математически не разрешимая задача, вместе с тем содержание существующей методики горочных расчетов сортировочных горок [20 – 27] посвящены расчету высоты горки с учетом скорости движения не одиночного вагона, а, как ни странно, отцепа, состоящая до 18 вагонов (например, нечетная сортировочная горка ст. Инская Западно-Сибирской ж.-д.), а иногда и до 25 вагонов (например, нечетная сортировочная горка ст. Екатеринбург Сортировочная Свердловской ж.-д.) [32]. Так, например, в [25] сделана попытка определить «фактическую погашаемую энергетическую высоту h_t , якобы реализованной на каждой тормозной позиции, определяли по формуле (3.17), не имеющей теоретической базы, поскольку вторая её слагаемая справедлива лишь для идеальной связи и не имеет никакого отношения для исследуемого участка горки, что противоречит принципам теоретической механики [28, 29, 31]. Отсюда становится очевидным, что «теоретические подходы и практические инженерные методы ... ведущих школ в области проектирования сортировочных горок [24, 25]» (см. первый абзац средней колонки на стр. 24 в [1]) никак не могут быть отнесены к ведущим школам. «Ошибки не есть ещё лженаука. Лженаука – это не признание ошибок»¹.

В [17] отмечено, что существующая методика горочных расчетов сортировочных горок [20 – 21] в основном направлена на определение высоты сортировочной горки от ее вершины до расчетной точки, и в ней такие кинематические параметры движения вагона, как ускорение и время движения вагона в зоне затормаживания вовсе не принимаются во внимание, не упоминая о том, что в [20 – 27] вовсе нет понятия о расчете пути затормаживания вагона.

Критический анализ работ [20 – 27], выполненный в [3 – 19], позволяет отметить актуальность проблемы методики горочных расчетов сортировочных горок и, в частности, исследования движение вагона в зонах затормаживания на участках тормозных позиций.

Цель настоящей статьи

На основе классических положений теоретической механики необходимо построить математические модели движения вагона и вывести формулу для

¹ Капица П.Л. Единение науки и техники / П.Л. Капица. Газета «Правда» от 17.04. 1941.

определения пути его затормаживания в $l_{\text{зат}i}$ (и/или l_{ti}).

Формулировка задачи

Результатами расчётных данных подтвердить корректность и применимость построенных математических моделей применительно к зоне затормаживания (ЗТ) вагона на второй тормозной позиции.

Методы решения задачи

Прикладная задача решена на основе теоремы об изменении кинетической энергии для несвободной материальной точки в конечной форме (см. формулу (62.3) в [28]).

Математическое описание решения задачи

Запишем теорему об изменении кинетической энергии для *несвободной* материальной точки на перемещении AB (см. рис. 1 в [15]), между которыми возможно движение вагона, с учётом начальной скорости $v_{н.т.}$, в конечной форме (см. формулу (62.3) в [28]) применительно к решению рассматриваемой задачи в виде:

$$\frac{G}{2g}(v_{к.т.}^2 - v_{н.т.}^2) = A_{Fx}, \quad (1)$$

с учётом того, что в ней

$$A_{Fx} = A_{Gx} + A_{F_{тр}}. \quad (2)$$

Как видно, приращение кинетической энергии системы ΔE равно сумме соответствующих работ активных сил $A^{(F)} = A_{Gx}$ и реакций связей $A^{(F_{тр})} = A_{F_{тр}}$:

$$\Delta E = A^{(F)} + A^{(F_{тр})}. \quad (3)$$

В формуле (2) принято обозначение:

A_{Gx} – работа проекции силы тяжести G_x по оси Ox на перемещении $x_{св}$ между точками A и B (см. рис. 1 в [15]), произведённой силой G_x :

$$A_{Gx} = G_x x_{св} = G \sin \psi x_{св}; \quad (4)$$

$A_{F_{тр}}$ – работа силы трения $F_{тр}$ (в общем случае, может быть и силы сопротивлений всякого рода F_c) на перемещении $x_{св}$ между точками A и B (см. рис. 1 в [15]):

$$A_{F_{тр}} = -F_{тр} x_{св} = -f_{тр} G \cos \psi x_{св}, \quad (5)$$

где $f_{тр} = 0,25$ – коэффициент трения колес железнодорожного вагона о рельсовые нити [33].

Подставляя последние две формулы в (2) с учётом (1), после упрощений, можно получить формулу для определения скорости движения вагона в зоне затормаживания на участках тормозных позиций:

$$v_{к.т.}^2 - v_{н.т.}^2 = 2g(\sin \psi_{ti} - f_{тр} \cos \psi_{ti}) x_{свi},$$

или при $x_{свi} = l_{ti}$

$$v_{к.т.}^2 = v_{н.т.}^2 + 2g(\sin \psi_{ti} - f_{тр} \cos \psi_{ti}) l_{ti}. \quad (6)$$

где i – номера участков профиля пути ($i = 1, \dots, 9$). Отсюда, при $v_{к.т.} = 0$ и $x_{свi} = l_{ti}$:

$$0 = v_{н.т.}^2 + 2g(\sin \psi_{ti} - f_{тр} \cos \psi_{ti}) l_{ti}.$$

Из последнего равенства окончательно получим путь затормаживания вагона $x_{свi} = l_{ti}$ (см. стр. 309–318 в [31]):

$$l_{ti} = \frac{v_{н.т.}^2}{2g(f_{тр} \cos \psi_{ti} - \sin \psi_{ti})}. \quad (7)$$

Если иметь в виду, что для малых углов (менее 5°), соответствующих профилю на всей протяженности пути сортировочной горки: $\sin \psi_i \approx \psi_i = i_i$, $\cos \psi_i \approx 1$, то формулы (6) и (7) примут вид:

$$v_{к.т.}^2 = v_{н.т.}^2 + 2g(i_i - f_{тр}) l_{ti}; \quad (8)$$

$$l_{ti} = \frac{v_{н.т.}^2}{2g(f_{тр} - i_i)}. \quad (9)$$

Как видно, величина тормозного пути $l_{\text{зат}i}$ (и/или l_{ti}) прямо пропорциональна квадрату начальной скорости $v_{н.т.}$, уклону пути i_i и обратно пропорционально коэффициенту трения скольжения $f_{тр}$.

Оговоримся, что ускорение вагона при равнозамедленном движении в зоне затормаживания $|a_{kti}|$, имеющее отрицательный знак (здесь $|a_{kti}|$ – модуль a_{kti}), находят по формуле (см. формулу (1) в [17]), м/с^2 :

$$|a_{kti}| = \frac{|\Delta F_{ti}|}{M_{\text{пр}0}} 10^3, \quad (10)$$

где $|\Delta F_{ti}|$ – результирующая сила, под воздействием которой колёсные пары вагона принуждены и/или вынуждены скользить по поверхностям катания рельсовых нитей и тормозным шинам вагонного замедлителя в зонах затормаживания на участках тормозных позиций (ТП) (см. формулу (2) в [17]), kH :

$$|\Delta F_{ti}| = F_{xi} + |F_{ci}|; \quad (11)$$

$|a_{kti}| = a_{kti} \text{sgn} \Delta F_{ti}$ – функция модуль, причём $|a_{kti}| = -a_{kti}$, если $|\Delta F_{ti}| < 0$;

$M_{\text{пр}0}$ – приведённая и/или воображаемая масса вагона с грузом совместно с невращающимися частями (т.е. кузов вагона и тележки) и/или при чистом скольжении колёсных пар, принуждённо «зажатых» тормозными шинами вагонного замедлителя в зонах затормаживания на участках ТП, как пара сухого трения «сталь по стали», рассчитываемая по формуле (19) в [16], кг .

Интересно заметить, что, если, согласно формуле (10), известно значение ускорение движения при равнозамедленном движении вагона $|a_{ti}|$, определенное по силовым соотношениям (11), то можно определить скорость движения до момента остановки вагона по редко используемой формуле скорости элементарной физики (см. формулу (21) в [34]):

$$v_{ti}^2 = v_n^2 + 2|a_{ti}|l_{ti}. \quad (12)$$

Используя классическую формулу скорости элементарной физики (см. формулу (16) в [34]):

$$v_{ti} = v_{ni} + |a_{ti}|t_{ti} \quad (13)$$

можно найти время затормаживания $t_{зат1} = t_{ti}$ до момента остановки вагона $t_{зат1} = t_{ti} < t$, где t – текущее время в секундах:

$$t_{ti} = \frac{v_n - v_{ti}}{|a_{ti}|}. \quad (14)$$

Таким образом, применение теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки в конечном виде [31] в зонах затормаживания вагона на участках ТП по формуле (7) и/или (9) позволили определить путь прохождения вагона участка торможения $l_{зат1}$ (и/или l_{ti}). Формулы скорости элементарной физики при заданном значении ускорения при равнозамедленном движении вагона $|a_{ti}|$, полученным по силовым соотношениям, дали возможность найти время затормаживания вагона $t_{зат1} = t_{ti}$ до момента остановки вагона, т.е. при $t_{зат1} = t_{ti} < t$, где t – текущее время в секундах.

При этом, для вычисления l_{ti} рассматриваются следующие варианты:

а) непосредственный вход на участок тормозной позиции первой колёсной пары $l_{вх1}$ и/или колёсных пар передней тележки $l_{пт}$;

б) вход вагона на участок на длину базы вагона $l_{кб}$, которые необходимы для задания $v_{ни.т} = 3,57$ – начальной скорости $v_{ни.т}$ и/или скорости входа вагона $v_{вх1}$ (имея в виду, что $v_{ни.т} = v_{вх1.т}$) в зону затормаживания.

Заметим, что путь торможения вагона можно определить по следующей формуле [31], м:

$$l_{ti} = v_{н.ти}t_{ti} + \frac{1}{2}g(\sin \psi_i - f_{\tau} \cos \psi_i)t_{ti}^2. \quad (15)$$

Ускорение вагона при равнозамедленном движении в зоне затормаживания $|a_{kti}|$, в отличие от формулы (10), также можно определить по другой формуле (см. формулу (5) в [17]), м/с²:

$$|a_{kti}| = a_{\tau}(i_{\tau 0xi} - |w_{ti}|), \quad (16)$$

где $a_{\tau} = \text{const}$ – условное обозначение линейного ускорения вагона при равнозамедленном движении в зонах затормаживания на участках ТП (см. формулу (6) в [17]), м/с²:

$$a_{\tau} = \frac{G_1}{M_{пр0}} 10^3. \quad (17)$$

Например, при $G_1 = 794$ кН и $M_{пр0} = 8,269 \cdot 10^4$ кг: $a_{\tau} = 8,953$ м/с²;

$i_{\tau 0xi}$ – безразмерная величина, условно характеризующая обозначение уклона профиля горки на участках ТП при учете воздействия проекции силы попутного ветра $F_{вх}$ (см. формулу (7) в [17]):

$$i_{\tau 0xi} = i_{\tau xi} + k_{вх} \quad (18)$$

с учетом того, что в ней $k_{вх}$ – безразмерная величина, учитывающая воздействие проекции попутного ветра $F_{вх}$ малой величины на ось Ox , как способствующей ускоренному движению вагона в долях от G_1 , причем при неучёте силы $F_{вх}$: $k_{вх} = 0$; $|w_{ti}|$ – отвлечённое число и/или безразмерная величина, условно характеризующая обозначение удельного сопротивления движению всякого рода в зонах затормаживания на участках ТП (см. формулу (8) в [17]). Известно, что в [стр. 180 в 20; 22, 23, 26, 27] $|w_{ti}|$ имеет размерность внесистемной единицы измерения в кгс/т.

Теперь формуле (15) в соответствии с формулой (16) можно придать и такой вид (см. формулу (8) в [18]), м:

$$l_{ti} = v_{н.ти}t_{ti} + \frac{1}{2}a_{\tau}(i_{\tau 0xi} - |w_{ti}|)t_{ti}^2. \quad (19)$$

а с учетом формулы (16) последнюю формулу можно представить, как известную из курса физики формулу, м:

$$l_{kti} = v_{н.т}t_{ti} + \frac{1}{2}|a_{kti}|t_{ti}^2. \quad (20)$$

Оговоримся, что момент остановки заторможенного вагона t_{ti} можно найти по формуле (см. формулу (5) в [18]):

$$t_{ti} = \frac{v_{н.ти}}{g(f_{\tau} \cos \psi_i - \sin \psi_i)}. \quad (21)$$

Отметим, что время затормаживания $t_{зат2} = t_{t2}$, по истечении которого практически происходит полная остановка вагона $v_{t2} \approx 0$ м/с, можно рассчитать по формуле (см. формулу (6) в [18]):

$$t_{ti} = \frac{v_{н.ти}}{|a_{kti}|}. \quad (22)$$

Как видно, время затормаживания вагона t_{ti} в момент остановки вагона, когда $v_{ti} = 0$, увеличивается пропорционально начальной скорости $v_{ни.т}$.

Сравнивая формулу (15), полученную согласно теореме о движении центра инерции системы материальных точек, и формулу (7), выведенной на основе теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки в конечном виде, с формулой пути, известной из курса элементарной физики (20), выявили, что они по форме разные.

Относительная ошибка расчёта пути торможения вагона, вычисленная по формулам (20) и (15), составили 1,52 %, а подсчитанная по формулам (20) и (19)

равна 9,2 %, что находится в пределах точности инженерных расчетов.

Путь торможения вагона $L_{т1}$, вычисленный также по формуле элементарной физики (20): $L_{т1} = 13,35 \approx 13,4$ м, а по формуле (7): $L_{т1} = 12,86 \approx 12,9$ м.

Относительная ошибка вычислений равна 3,7 %, что подтверждает корректность вывода формулы (7).

Пример расчёта 1. Исследуем зону затормаживания (ЗТ) на участке второй тормозной позиции (2ТП) сортировочной горки в случае входа вагона на участок на длину базы вагона $L_{в}$ (для платформы – $L_{в} = 9,72$ м) с учётом входа вагона на участок 2ТП $L_{вх2} = 1,0, \dots, 2,0$ м. Исходные данные примера таковы: $G = 650$ сила тяжести груза на вагоне, кН; $G_1 = 794$ – сила тяжести вагона совместно с невращающимися частями, кН; $v_{нт2} = v_{вх2} = 3,569$ – начальная скорость и/или скорость входа вагона в зону затормаживания, м/с; $t_{т2} = 1,625$ с – время затормаживания вагона, вычисленная по формуле (22); $\sin \psi_{т2} \approx \psi_{т2} = 0,010$ рад., или $i_{т2} = 10$ ‰, $\cos \psi_{т2} \approx 1$ – уклон участка 2ТП профиля пути; $f_t = 0,25$ – коэффициент сухого трения скольжения при схватывании металла об металл [33]; $F_{вх} = 3,2$ – учёт силы продольного ветра малой величины, кН; $F_{трм} = 23,75$ – сила трения скольжения обода колёсных пар о сжатые тормозные шины, кН [35]; $F_{о2т} = 198,5$ – трения скольжения колёсных пар о сжатые тормозные шины, как основное сопротивление, кН; $F_{св} = 0,0005G_1 \approx 0,4$ – сила сопротивления от воздушной среды и ветра, кН; $F_{сн} = 0,00025G_1 \approx 0,2$ – сила сопротивления от снега и инея, кН; $M_{пр0} = 8,869 \cdot 10^4$ – приведённая масса вагона с грузом совместно с невращающимися частями, вычисленная по формуле (19) в [16], кг.

Здесь будем иметь в виду, что для установки тормозных замедлителей на спускной части горки выделены прямые участки, длина которых для второй тормозной позиции (2ТП), согласно паспорта устройств, применяемых на горке, подбирается при необходимости установки двух замедлителей (например, согласно [32], типа КЗ-5, НК-14 или ВЗКН). Для укладки 2ТП может быть предусмотрен прямой участок длиной 25,52 м и резервирован участок длиной 10 м для возможного повышения мощности тормозных заедлителей по итогам уточненных расчетов.

При этом энергия (см. правую часть формулы (1)), погашаемая двумя замедлителями типа КЗ-5, должна быть достаточной, чтобы поглотить энергию (см. левую часть формулы (1)), приобретаемую отцепом в процессе скатывания с горки (см. п.1 в [32]). Например, на второй тормозной позиции (2ТП) нечётной сортировочной горки станций Екатеринбург-Сортировочная установлены по два замедлителя КЗ-5 мощностью 1,2 м.э.в. (*метр энергетической высоты*) каждый.

Результаты вычислений (с использованием [36]). 1) Сила, под воздействием которой вагон стремится двигаться в зоне затормаживания при воздействии составляющей силы тяжести и попутного ветра малой величины (см. формулу (3) в [17]), кН:

$$F_{т2х} = G_1 i_{т2} + F_{вх} = 794 \cdot 0,010 + 3,2 \approx 11,13.$$

2) Модуль силы сопротивлений всякого рода, оказывающий сопротивление движению вагона в зоне затормаживания, вычисленный по формуле (см. формулу (4) в [17]), кН:

$$|F_{с2т}| = |(F_{трм} + F_{о2т} + F_{св} + F_{сн})| = |(23,75 + 198,5 + 0,4 + 0,2)| \approx -222,84.$$

Здесь особо оговоримся, что сравнительно со значениями силы, оказывающая сопротивление движению вагона в зоне затормаживания ($F_{трм} = 23,75$ кН) и силы основного сопротивления ($F_{о2т} = 198,5$ кН), влиянием сил сопротивлений от воздушной среды и ветра ($F_{св} = 0,4$ кН), а также от снега и инея ($F_{сн} = 0,2$ кН) на движения вагона на участках затормаживания вагона можно пренебречь с относительной ошибкой 0,27 %, что ничтожно мала при выполнении инженерных расчётов.

3) Результирующая сила, под воздействием которой происходит затормаживания вагона на тормозной позиции (см. формулу (9) в [17]), кН:

$$\Delta F_{т2х} = F_{т2} + |F_{с2т}| = -211,71.$$

Как видно, $|F_{с2т}| \gg F_{т2х}$, что соответствует соблюдению условия $f \gg i$ в формуле (14) в [14].

4) Согласно формуле (10), ускорение движения при равнозамедленном движении вагона в зоне затормаживания (ЗТ) на участке 2ТП, м/с²:

$$|a_{т2}| = -a_{т2} = |\Delta F_{т2х}| \cdot 10^3 / M_{пр0} = |211,71| \cdot 10^3 / (8,869 \cdot 10^4) = -2,387.$$

5) Ускорение движения вагона, подсчитанная по формуле (16) без учета проекции силы попутного ветра малой величины $F_{вх}$ (т.е. $F_{вх} = 0$) с использованием формулы (18), м/с²:

$$|a_{т21}| = a_{т2}(i_{т2х} - |w_{т2}|) = 8,953(0,010 - |0,281|) = -2,424,$$

а при учете силы $F_{вх}$ через коэффициент $k_{в.х} \approx 0,004$, учитывающий долю проекции этой силы с использованием формулы (18), м/с²:

$$|a_{т22}| = a_{т2}(i_{т20х} - |w_{т2}|) = 8,953(0,014 - |0,281|) = -2,388,$$

где $a_{т2}$ вычисляется согласно формуле (17), м/с²:

$$a_{т2} = G_1 \cdot 10^3 / M_{пр0} = 794 \cdot 10^3 / (8,869 \cdot 10^4) = 8,953.$$

Относительная ошибка расчёта ускорение $|a_{т21}|$ и $|a_{т22}|$, вычисленная по формулам (10) и (16), соответственно, составляет $\delta a_{т21} \approx 1,53$ % и $\delta a_{т22} \approx 0,04$ %, что ничтожно мало.

6) Время затормаживания $t_{зат2} = t_{т2}$, рассчитанное по формуле (22) с учетом формулы (16), с: $|t_{т2}| = 1,625$, по истечении которого практически происходит полная остановка вагона $v_{т2} \approx 0$ м/с (см. формулу (6) в [18]).

7) Время затормаживания вагона $t_{зат21} = t_{т21}$, вычисленное по формуле (22) при $|a_{т21}| = -2,424$ м/с²: $t_{т21} = -1,6$ с, а при $|a_{т22}| = -2,388$ м/с²: $t_{т22} = -1,624$ с.

Здесь отрицательный знак при t_{121} и t_{122} означает, что вагон при затормаживании на участке тормозной позиций движется равнозамедленно.

Относительная ошибка расчёта времени затормаживания $t_{\text{зат}2}$, выполненная на основе (22) при $|a_{121}|$ и $|a_{122}|$, соответственно, составляет $\approx 1,54$ и $0,06$ %, что ничтожно мало.

8) Время затормаживания $t_{\text{зат}2} = t_{12}$, вычисленное по формуле (21), с: $t_{123} = 1,648$, а по формуле (22), с: $t_{124} = 1,682$.

Относительная ошибка расчёта времени затормаживания вагона, вычисленная на основе формул (21) и (22), равна $\approx 1,37$ %.

Оговоримся, что момент затормаживания вагона t секунд, меньше, чем $t_{\text{зат}2}$ (т.е. $t < t_{\text{зат}2}$, где t – текущее время), при котором $v_{\text{к.зат}2} \neq 0$ (т.е. до момента остановки вагона), скорость движения может быть подсчитана по формуле (см. формулу (4) в [18]):

$$v_{\text{к}i} = v_{\text{н}i} + g(\sin \psi_i - f_{\tau} \cos \psi_i) t_{\text{т}i}, \quad (23)$$

Например, при $t = 1,0$ с: скорость вагона при чистом скольжении колёс до момента остановки равна $v_{\text{к.зат}2} = 1,525$ м/с; при $t = 1,2$ с: $v_{\text{к.зат}2} = 1,054$ м/с, а при $t = 1,4$ с: $v_{\text{к.зат}2} = 0,583$ м/с и, наконец, при $t = t_{12} = 1,625$ с: $v_{\text{к.зат}2} = 0$ м/с.

9) Путь торможения l_{12} , рассчитанный по формуле (20): $l_{12} = 3,152 \approx 3,15$ м, вычисленный по той же формуле при $|a_{121}| = -2,424$ м/с²: $l_{121} \approx 3,1$ м, а по той же формуле (20) при $|a_{122}| = -2,388$ м/с²: $l_{122} = 3,15$ м.

Относительная ошибка расчёта l_{12} , вычисленная по формулам (20) при $|a_{121}| = -2,424$ м/с² и $|a_{122}| = -2,388$ м/с², соответственно, составляет $1,6$ и 0 %, что подтверждает корректность вывода аналитической формулы (20).

10) Путь торможения l_{12} , рассчитанный по формуле (20): $l_{12} = 3,152 \approx 3,15$ м; по формуле (15): $l_{125} = 3,195$ м; по формуле (140): $l_{126} = 3,467$ м; по формуле (7): $l_{123} = 3,195$ м.

Относительная ошибка расчёта l_{12} , вычисленная по формулам (20) и (15) и (19) соответственно составляет $2,75$ и $7,82$ %, что мало и подтверждает корректность вывода аналитических формул (15) и (19).

Относительная ошибка расчёта l_{12} , вычисленная по формулам (20) и (7) составляет $\approx 1,4$ %, что ничтожно мало, а это, в свою очередь, подтверждает корректность вывода аналитической формулы (7).

11) Итак, по формуле (7) путь торможения вагона $l_{\text{зат}i}$ (и/или l_{ti}) на участке торможения, м: $l_{123} = 3,195$ м. Расчётное значение ускорения при равнозамедленном движении вагона $|a_{ti}|$, полученным по формуле (10) согласно силовым соотношениям (11), оказалось равным $|a_{ti}| = 2,387$ м/с². Скорость движения вагона v_{12} , подсчитанная по формуле элементарной физики (10) при $l_{123} = 3,195$ м и начальной скорости $v_{\text{н}2} = 3,879$ м/с получился равной $v_{12} = 0,459$ м/с.

Время затормаживания вагона $t_{\text{зат}2} = t_{12}$ по формуле скорости элементарной физики (12): $t_{12} = 1,433$ с до момента остановки вагона, когда $v_{12} = 0$, т.е. при $t_{\text{зат}2} = t_{12} < t$, где t – текущее время в секундах.

Как видно, при одном и том же значений начальной скорости, путь торможения вагона, найденный по разным по виду формулам, дают одинаковые результаты, что подтверждают корректность полученной аналитической формулы (7).

12) Графические зависимости $x_{2\tau} = f(t_{12})$, $l_{125} = f(t_{12})$, и $l_{126} = f(t_{12})$, построенные на основе, соответственно, формулы элементарной физики (20), формулы (15) и (19) при вариации t_{12} от $1,0$ до $2,0$ с шагом $\Delta t_{12} = 0,1$ с представлены на рис. 1.

Рисунок 1. Графические зависимости $x_{2m} = f(t_{m2})$, $l_{m25} = f(t_{m2})$ и $l_{m26} = f(t_{m2})$

Из рис. 1 ясно, что в соответствии с видом формул (20), (15) и (19) графические зависимости имеют характер возрастающей квадратичной зависимости до момента остановки вагона. Максимальные значения пути торможения $x_{12} = 3,152$, $l_{125} = 3,195$ и $l_{126} =$

$3,262$ м соответствуют времени затормаживанию $t_{12} = 1,625$, $t_{125} = 1,648$ и $t_{126} = 1,682$ с.

13) Графическая зависимость $l_{12} = f(v_{\text{н}12}) = f(v_{02\tau})$, построенные, согласно формуле (7) и на основе фор-

мулы скорости элементарной физики (10), при вариации v_{02T} от 0 до 5 с шагом $\Delta v_{02T} = 0,25$ м/с, представлены на рис. 2.

Рисунок 2. Графическая зависимость $l_{m2} = f(v_{02m})$

Из рис. 2 ясно, что характер зависимости пути торможения от начальной скорости вагона имеют вид возрастающей квадратичной зависимости.

Как видно, при $v_{n2} = v_{вх.2T} = 0$ путь торможения $l_{зат2} = l_{т2} = 0$. Это подтверждает рассуждение о важности входа вагона в зону затормаживания тормозных позиций с начальной скоростью $v_{n2} = v_{вх.2T} > 0$, в противном случае происходит полная остановка вагона до включения вагонного замедлителя.

При выполнении условия $v_{n2} = v_{вх.2T} > 0$ кинетическая энергия $E_k = E_0$ вагона с массой M и начальной скоростью v_{n2} будет полностью израсходована на преодоления работы A_r силы сопротивления F_c , появляющейся при включении вагонного замедлителя.

В свою очередь, работа силы сопротивления всякого рода A_c , накопленная на ободе колеса колесных пар вагона, рельсовых нитей и на тормозных шинах вагонного замедлителя, будет рассеиваться в окружающую среду в виде тела. При полной остановке вагона, т.е. $v_{к.2T} = 0$, будет соблюдено условие: $E_0 + (-A_c) = 0$.

Таким образом, результаты расчётов пути торможения $l_{зат}$ вагона с использованием формулы (7) и на основе формулы скорости элементарной физики (10), позволили отметить, что при одном и том же значении начальной скорости $v_{n2} = v_{вх.2T}$, они дают одинаковые результаты.

Список литературы:

1. Рудановский В.М. О попытке критики теоретических положений динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / В.М. Рудановский, И.П. Старшов, В.А. Кобзев // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 6 (252). – С. 19-28. ISSN 2072-8115.
2. Позойский Ю.О. К вопросу движения вагона по уклону железнодорожного пути / Ю.О. Позойский, В.А. Кобзев, И.П. Старшов, В.М. Рудановский // Бюллетень транспортной информации. 2018. № 2 (272). – С. 35-38. ISSN 2072-8115.
3. Туранов Х.Т. Некоторые проблемы теоретических предпосылок динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2015, № 3 (237). – С. 29 - 36. ISSN 2072-8115.
4. Туранов Х.Т. О попытке доказательства нового подхода к исследованию движения вагона по спускной части сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2016, № 10 (256). – С. 19 - 24. ISSN 2072-8115.

Обобщая результаты расчётов времени затормаживания $t_{зат}$ и пути торможения $l_{зат}$ вагона, выполненных на основе формул (7), (10) и (15), (19), (20) – (22), можно отметить, что при одном и том же значении начальной скорости, они дают результаты приемлемые для выполнения инженерных расчётов. Это подтверждает бесспорность, корректность и применимость построенных математических моделей применительно к зоне затормаживания (ЗТ) вагона на всех участках тормозных позиций (1ТП и 3ТП).

Выводы

1. Используя теорему об изменении кинетической энергии для несвободной материальной точки в конечной форме теоретической механики, выведены формулы для определения пути торможения вагона в зоне торможения сортировочной горки.

2. Приведенный пример расчета позволил отметить, что при одном и том же значений начальной скорости, полученные нами формулы, дают результаты, приемлемые для выполнения инженерных расчётов. Это подтверждает бесспорность, корректность и применимость построенных математических моделей применительно к зоне затормаживания вагона на всех участках тормозных позиций.

5. Туранов Х. Т. Математическое описание движения вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Транспорт Урала. 2018. № 2 (57). С. 3–8. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-3-8. ISSN 1815-9400.
6. Туранов Х.Т. Выбор рационального режима роспуска «очень плохого бегуна» с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.В. Молчанова // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 7. Научно-информационный сборник. С. 9 - 13. ISSN 0236-1914.
7. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть I) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2018, №9 (279). С. 23-28. ISSN 2072-8115.
8. Туранов Х.Т. К критическому анализу теоретических положений движения вагона с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 11. Научно-информационный сборник. С. 26 - 31. ISSN 0236-1914.
9. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (часть II) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации. 2018. №12 (282). С. 12-18. ISSN 2072-8115.
10. Turanov Kh.T., Gordienko A.A. Movement of a railway car rolling down a classification hump with a tailwind. В сборнике: MATEC Web of Conferences conference proceedings. 2018. С. 02027.
11. Туранов Х.Т. О подходе к определению некоторых кинематических параметров движения вагона на тормозных позициях сортировочных горок / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.У. Саидивалиев // International Journal of Advanced Studies. 2018, Vol 8, №4. С. 122 - 136. DOI: 10.12731/2227-930X-2018-4-122-136. ISSN 0236-1914.
12. Туранов Х.Т. О движении вагона на скоростных участках сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Х.Х. Джалилов // Транспорт Урала. 2019. № 1 (60). С. 18–23. DOI: 10.20291/1815-9400-2019-1-18-23. ISSN 1815-9400.
13. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть IV) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 1. Научно-информационный сборник. С. 16 - 20. ISSN 0236-1914.
14. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть V) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Бюллетень транспортной информации. 2019. №3 (285). С. 22-27. ISSN 2072-8115.
15. Туранов Х.Т. Аналитическая статика качения колес на скоростных участках сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Бюллетень транспортной информации. 2019. №6 (288). С. 8-16. ISSN 2072-8115.
16. Туранов Х.Т. О скольжении колёсных пар вагона на тормозных позициях сортировочных горок / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров, Ш.У. Саидивалиев // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 5. Научно-информационный сборник. С. 16 - 21. ISSN 0236-1914.
17. Туранов Х.Т. О равнозамедленном движении вагона в зонах затормаживания сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров, Ш.У. Саидивалиев // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 7. Научно-информационный сборник. С. 27 - 30. ISSN 0236-1914.
18. Туранов Х.Т. Об одном методе решения задачи движения вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.В. Молчанова, Ш.У. Саидивалиев // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 11. Научно-информационный сборник. С. 34 - 38. ISSN 0236-1914.
19. Туранов Х.Т. О некорректности формулы для определения скорости движения вагона в зонах торможения на участках тормозных позиций сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.У. Саидивалиев // Бюллетень транспортной информации. 2019. №9 (291). С. 34-40. ISSN 2072-8115.
20. Образцов В.Н. Станции и узлы. ч. II / В.Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1938. 492 с.
21. Старшов И.П. Определение воздушного сопротивления движению вагонов на сортировочных горках / И.П. Старшов // Вестник Всесоюз. научно-исслед. ин-та ж.-д. транспорта. 1970. №6. С. 16-20.
22. Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок / Под ред. Е.А. Сотникова // Труды ЦНИИ МПС, вып. 545. – М.: Транспорт, 1975. – 104 с. (С. 88–97).
23. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах СССР. ВСН 56-78. – М.: Минтрансстрой СССР, МПС СССР, 1978. – 171 с. – С. 151 – 168.
24. Родимов Б.А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б.А. Родимов, В.Е. Павлов, В.Д. Прокинова. – М.: Транспорт, 1980. – 96 с.
25. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях / Ю.А. Муха, И.В. Харланович, В.П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.
26. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм. – М.: ТЕХИНФОРМ, 2003. – 168 с.

27. Железнодорожные станции и узлы: учебник / В.И. Апатцев и др.; под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 855 с.
28. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Учебн. для тех. вузов / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – СПб.: Изд-во «Лань», 1998. 768 с.
29. Комаров К.Л. Теоретическая механика в задачах железнодорожного транспорта / К.Л. Комаров, А.Ф. Яшин. – Новосибирск: Наука, 2004. 296 с.
30. Туранов Х.Т., Гордиенко А.А. Расчет кинематических характеристик движения вагонов на участках продольных профилей сортировочных горок при воздействии встречного ветра малой величины. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2017614017 09.02.2017.
31. Бухгольц Н.Н. Курс теоретической механики. Ч. I. / Н.Н. Бухгольц. – М.: Наука, 1967. – 467 с.
32. Инструкция по расчёту максимально допустимой длины отцепа при роспуске на сортировочных горках (Утверждён 24.12.2012). – М.: ОАО «РЖД», 2012. 10 с.
33. Расчёты и проектирование железнодорожного пути: Учебник для студентов вузов ж.д. трансп. / В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева и др.; Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. – М.: Маршрут, 2003 486 с.
34. Туранов Х.Т. Движения вагона на сортировочной горке при попутном ветре / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Мир транспорта. 2015. Т. 13. № 6 (61). – С. 44-48. ISSN 1992-3252.
35. Кобзев В.А. Технические средства сортировочных горок, обеспечивающие безопасность движения. Часть 1. Учебное пособие / В.А. Кобзев. – М.: МИИТ, 2009. 92 с.
36. Макаров Е.Г. Mathcad: Учебный курс (+CD). – СПб.: Питер, 2009. 384 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИНИМАЛЬНО НЕИЗБЕЖНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Сагин Сергей Викторович

*д-р техн. наук, доцент, Национальный университет Одесская морская академия,
Украина, г. Одесса*

E-mail: saginsergii@gmail.com

ENSURING MINIMALLY UNAVOIDABLE ENERGY LOSSES DURING TRANSLATIONAL MOTION IN FRICTION UNITS OF MARINE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Sergii Sagin

*doctor of technical sciences, assistant professor, National University Odessa Maritime Academy,
Ukraine, Odessa*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность обеспечения минимально неизбежных потерь энергии в судовых малооборотных дизелях. Приведены результаты экспериментальных исследований, выполненных на судовом двухтактном дизеле 12K98ME-C7 MAN-B&W и его системе цилиндрической смазки. В качестве критерия оценки минимально неизбежных потерь энергии рассмотрены характеристики отработавшего цилиндрического масла: содержание в нем металлических примесей и остаточное щелочное число. Приведены результаты исследований по определению этих показателей при использовании в системе смазывания поверхностно активных присадок, способствующих повышению структурной упорядоченности граничных смазочных слоев. Экспериментально установлено: использование подобных присадок приводит к **28 %-му** снижению содержания металлических примесей в отработавшем масле и **17,2 %-му** росту остаточного щелочного числа, что способствует поддержанию минимально неизбежных потерь энергии при трансформации теплотворной способности топлива в полезную работу двигателя внутреннего сгорания.

ABSTRACT

The possibility of ensuring minimally unavoidable energy losses in marine low-speed diesels is considered. The results of experimental studies that were performed on a marine push-pull diesel engine 12K98ME-C7 MAN-B & W and its cylinder lubrication system are presented. As a criterion for assessing the minimum unavoidable energy losses, the characteristics of the spent cylinder oil are considered: the content of metallic impurities in it and the residual alkaline number. The results of studies to determine these indicators when using surface active additives in the lubrication system that enhance the structural ordering of boundary lubricating layers are presented. It has been experimentally established that the use of such additives reduces the content of metallic impurities in the spent oil by 28% and increases the residual alkaline number by 17.2%. This helps to maintain minimally unavoidable energy losses during the transformation of the calorific value of the fuel into the useful work of the internal combustion engine.

Ключевые слова: судовой малооборотный дизель, неизбежные потери энергии, циркуляционная система смазывания, механические примеси, остаточное щелочное число, поверхностно активная присадка.

Keywords: marine low-speed diesel engine, inevitable energy loss, circulating lubrication system, mechanical impurities, base number of lubrication oil, surface active additive.

Энергетические комплексы речных и морских судов представляют собой многокомпонентные структурные объекты, при этом:

- их функционирование начинается с приема на борт судна рабочих жидкостей (топлива, масла, воды);
- их основной эксплуатационной задачей является преобразование потенциальной энергии рабочих жидкостей в полезную работу, обеспечивающую либо движение судна, либо вырабатывание тепловой и электрической энергии;

- завершающим этапом их производственного цикла является удаление отработавших газов и охлаждающих жидкостей в окружающую среду [1].

При этом необходимо обеспечивать не только требования по получению эффективной мощности и поддержанию экологических параметров, но и минимальный уровень неизбежных потерь при преобразовании входящей энергии в полезную работу [2, 3].

Потенциальная энергия топлива, сгораемого в цилиндре двигателя внутреннего сгорания (ДВС), с помощью кривошипно-шатунного механизма (КШМ) преобразуется в кинетическую энергию вращения коленчатого вала дизеля. При поступательном

движении поршня в цилиндре дизеля возникают неизбежные потери в трибологической системе втулка цилиндра – смазочный материал – поршневые кольца [4, 5]. Передача поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала и связанного с ним потребителя энергии (винта, когда дизель выполняет функции главного двигателя, или электрического генератора, если дизель выполняет функции вспомогательного двигателя) невозможна без использования подшипников скольжения (мотылевых и рамовых), а также подшипников валопровода (упорных и опорных). Именно в этих узлах трения и возникают основные потери энергии, которые относят к категории неизбежных затрат при получении полезной работы [6, 7].

Потери энергии при передаче полезной (индикаторной) мощности к потребителю лежат в широких пределах, и могут составлять 6...10 % – в случае эксплуатации судовых ДВС на номинальном режиме, и до 100 % – при эксплуатации на холостом ходу. Минимизации этих потерь и обеспечение минимальных значений в течении длительного времени является актуальной задачей, на решение которой направлены научные исследования, проводимые как дизелестроительными корпорациями, так и отдельными научно-производственными фирмами и институтами.

Судовые ДВС являются самыми распространенными типами тепловых машин, превращающих потенциальную энергию жидкого топлива в механическую работу и передающих ее на движитель. Практически 100 % судов морского и речного флота используют судовые дизели в качестве главных двигателей. Возрастающие потребности в перевозке грузов морскими путями способствуют постройке судов повышенного тоннажа, на которых в качестве главных двигателей устанавливают малооборотные двухтактные двигатели, передающие свою полезную мощность на винт фиксированного шага [8].

Самым характерным узлом ДВС, в котором происходит поступательное движение, является цилиндропоршневая группа, а конкретно – пара трения поршневое кольцо – цилиндровая втулка. При правильной центровке деталей КШМ (поршня в крейцкопфном подшипнике или поршня и шатуна) между поршнем и втулкой цилиндра обеспечивается минимальный зазор, который полностью компенсируется за счет уплотняющего действия поршневых колец. При этом обеспечивается отсутствие воздушных и газовых протечек в объеме цилиндра и кинетическая энергия газов, образовавшихся в цилиндре при сгорании топлива, полностью используется для совершения поступательного перемещения поршня. В случае повышенного износа поршневых колец или их

поломки происходит рост минимально неизбежных потерь энергии и снижение эффективных показателей работы дизеля (мощности и коэффициента полезного действия).

Обеспечение процесса энергопреобразования с минимально допустимыми необратимыми потерями при поступательном движении в узлах трения судовых ДВС возможно за счет управления реологическими характеристиками (вязкостью и реологической стойкостью) и качественными показателями (степенью упорядоченности молекул и толщиной смазочного слоя) моторного масла, разделяющего контактирующие поверхности [9-11].

Эксперименты, подтвердившие это высказывание, выполнялись на судовом малооборотном дизеле 12K98ME-C7 MAN-B&W, имеющем следующие основные характеристики:

- тип дизеля – двухтактный, крейцкопфный;
- номинальная мощность – $N_{\text{ном}}=64080$ кВт;
- номинальная частота вращения – $n_{\text{ном}}=94$ об/мин;
- количество цилиндров – 12;
- диаметр цилиндра – $D=0,98$ м;
- ход поршня – $S=2,4$ м.

Смазывание цилиндропоршневой группы дизеля обеспечивается лубрикаторной (цилиндровой) системой, в которой используются масла с щелочным числом (Total Base Number – TBN) 30...80 мгКОН/г (где КОН – содержание щелочи в масле). Принципиальная схема системы приведена на рис. 1.

В настоящее время эксплуатация пропульсивных комплексов морских судов (а, следовательно, и их энергетических установок) происходит как в обычных, так и в особых районах, к последним относятся зоны контроля эмиссии выбросов оксидов серы (SO_x Emission Control Areas) и азота (NO_x Emission Control Areas) [12, 13]. Это накладывает определенные ограничения как на используемое в этих районах топливо, так и на цилиндрическое масло, щелочной показатель которого должен соответствовать содержанию серы в топливе [14]. При этом комплектация судовых систем цилиндрического смазывания производится таким образом, чтобы обеспечить возможность использования моторного масла как с обычным щелочным показателем (например, с TBN 30...40, который соответствует содержанию серы в топливе до 0,1 %), так и повышенным (например, с TBN 70...80, который соответствует содержанию серы в топливе до 3,0 %). Именно по такому принципу сконфигурирована система лубрикаторного (цилиндрического) смазывания дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W.

Рисунок 1. Схема лубрикаторной (цилиндровой) системы смазывания судового дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W: 1 – цистерна цилиндрического масла с высоким содержанием щелочи (TBN 70/80); 2 – цистерна цилиндрического масла со средним содержанием щелочи (TBN 30/40); 3 – расходомер; 4 – дозатор присадки; 5, 6 – расходные цистерны масла; 7 – дизель

Для исследований приведенная на рис. 1 система дооборудовалась дозатором присадки и расходомером, позволяющим производить подачу присадки с требуемой концентрацией (позиции 3 и 4). Наличие двух цистерн моторного масла (позиции 1 и 2) давало возможность использования для разных групп цилиндров смазочного материала с различными характеристиками. Эксперименты выполнялись во время океанского перехода судна продолжительностью 11...12 дней только на установившихся режимах работы дизеля. Постоянство нагрузки на дизель определялось неизменной частотой вращения коленчатого вала и постоянной цикловой подачей топлива. На протяжении всего эксперимента судовой дизель 12K98ME-C7 MAN-B&W работал на одном и том же сорте топлива RMK700 (с содержанием серы 2,7 %). Это давало возможность как в одной из цистерн, предназначенных для использования моторного масла Castrol CL 70 с TBN 70...80 (позиция 1 на рис. 1), так и в другой, предназначенных для использования моторного масла с TBN 30...40 (позиция 2 на рис. 1), временно использовать одно и то же масло Castrol CL 70 с TBN 70мгКОН/г. Однако, в масло, поступающее в дизель из цистерны 2, дополнительно вводилась поверхностно-активная присадка, обеспечивающая образование наноструктурированных граничных смазочных слоев с большим параметром порядка и большей толщиной [15-17]. Подача масла

Castrol CL 70 без присадки осуществлялась в цилиндры 1-6, а масла с присадкой – в цилиндры 7-12 дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W.

Отбор проб масла и их дальнейший анализ выполнялся в судовой технической лаборатории фирмы Unitor через каждые 20 часов работы дизеля в соответствии с рекомендованными технологией и последовательностью [18, 19]. При этом, для каждого цилиндра дизеля устанавливалось свое значение подачи цилиндрического масла. Отклонение ее величины по цилиндрам не превышало 5 % от среднего значения. Из подпоршневого пространства каждого цилиндра выполнялся отбор проб отработавшего масла с последующим определением в судовой технической лаборатории содержания в масле металлических примесей, Fe, ppm, и остаточное щелочное число, BN, мгКОН/г. По содержанию металлических примесей Fe, ppm, в отработавшем масле возможно оценить уровень минимально неизбежных потерь энергии при поступательном движении в паре трения поршневое кольцо – цилиндрическая втулка. Чем выше значение Fe в отработавшем масле, тем больше износ данной пары трения, а следовательно больше как контактные взаимодействия, так и минимально неизбежных потерь энергии. Значение остаточного щелочного числа BN, мгКОН/г, характеризует (в том числе) гидравлическую плотность трибологической системы поршневое кольцо – смазочный слой – цилиндрическая втулка.

Чем выше этот показатель, тем меньшая часть газов, образующихся в цилиндре при сгорании топлива, проходит по зеркалу цилиндровой втулки через возможные неплотности между поршневыми кольцами и цилиндровой втулкой. Таким образом в цилиндре

вместе с топливом сгорает меньшая часть масла, находящаяся только над верхним/верхними поршневыми кольцами. Результаты выполненных исследований приведены в таблице 1 и на рис. 2.

Таблица 1.

Результаты эксперимента

Показатель	Время эксплуатации, часы					
	40	80	120	160	200	240
Содержание металлических примесей в отработавшем масле, Fe, ppm*	$\frac{86}{65}$	$\frac{74}{60}$	$\frac{76}{53}$	$\frac{67}{55}$	$\frac{71}{47}$	$\frac{74}{46}$
Остаточное щелочное число, BN, мг KOH/г масла*	$\frac{36}{48}$	$\frac{38}{52}$	$\frac{41}{49}$	$\frac{37}{53}$	$\frac{39}{51}$	$\frac{41}{52}$

* – в числителе при работе на масле без присадки, в знаменателе – на масле с поверхностно-активной присадкой.

Рисунок 2. Изменение содержания металлических примесей (а) и остаточного щелочного числа (б) в отработавшем масле при различных условиях эксплуатации дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W:
 1 – работа на «чистом» масле; 2 – работа на масле с поверхностно-активной присадкой

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Минимально неизбежные потери энергии, возникающие при возвратно-поступательном движении в узлах трения судовых двигателей внутреннего сго-

рания (в частности при перемещении поршня в цилиндре), могут быть оценены по характеристикам отработавшего масла, взятого из его подпоршневого пространства (для дизелей, работающих по двухтактному циклу). При этом в качестве критерия целесообразно использовать содержание металлических

примесей в отработавшем масле и его остаточное щелочное число. Увеличение содержания механических примесей свидетельствует о повышении уровня контактных взаимодействий в паре трения поршневые кольца – втулка цилиндра и возрастанию минимально неизбежных потерь энергии. Значение остаточного щелочного числа масла, использующегося для смазывания цилиндропоршневой группы дизеля, может характеризовать гидравлическую плотность трибологической системы поршневое кольцо – смазочный слой – цилиндрическая втулка. При этом большим значениям остаточного щелочного числа масла соответствует большая гидравлическая плотность и меньшие значения минимально неизбежных потерь энергии.

2. Моторные масла, использующиеся в системах цилиндрического смазывания двухтактных дизелей, образуют на контактных поверхностях наноструктурированный граничный смазочный слой, который характеризуется качественными показателями: толщиной и степенью упорядоченности молекул. Для увеличения этих показателей используются поверхностно-активные присадки, которые вводятся либо в общий объем системы смазывания, либо непосредственно в масляную магистраль перед дизелем.

3. Экспериментально подтверждено, что применение поверхностно-активных присадок способствует снижению содержания металлических примесей в отработавшем цилиндрическом дизеле масле и повышению его остаточного щелочного числа. Для малооборотного двухтактного дизеля 12K98ME-C7 MAN-B&W (на котором проводились исследования) усредненные за время 240-ка часового эксперимента значения этих величин находятся в пределах: содержание механических примесей 75 ppm, остаточное щелочное число 39 мгКОН/г (при первоначальном значении 70 мгКОН/г) – в случае работы дизеля на масле без присадки; 54 ppm, 51 мгКОН/г (при таком же первоначальном значении 70 мгКОН/г) – в случае работы дизеля на масле с использованием поверхностно активной присадки; таким образом достигается 28 %-е снижение содержание механических примесей и 17,2 %-е повышение остаточное щелочное число в отработавшем масле.

4. Управление структурой наноструктурированного граничного смазочного слоя, заключающееся в использовании поверхностно активных присадок, способствует поддержанию минимально неизбежных потерь энергии в судовых двигателях внутреннего сгорания.

Список литературы:

1. Куропятник А. А., Сагин С. В. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2018. – Вып. 24. – С. 72-80.
2. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Комплексная оценка эксплуатационных характеристик смазочных углеводородных жидкостей // Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник. – 2014. – Вып. 20. – С. 74-83.
3. Поповский А. Ю., Сагин С. В. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.
4. Сагин С. В. Определение триботехнических характеристик поверхностей по степени упорядоченности пристенных слоев углеводородных жидкостей / С. В. Сагин, Ю. В. Заблоцкий // Проблемы техники : науч.-виробн. журнал. – 2011. – № 3. – Одесса : ОНМУ. – С. 78-88.
5. Сагин С. В. Оптимизация расхода высокощелочного цилиндрического масла судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2016. № 7 (28) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3385>.
6. Сагин С. В. Определение диапазона стратификации вязкости смазочного материала в трибологических системах судовых дизелей / С. В. Сагин // Вісник Одеськ. нац. мор. ун-ту, 2019. – Вып. 1(58). – С. 88-98.
7. Сагин С. В. Оптические характеристики граничных смазочных слоев масел, применяемых в циркуляционных системах судовых дизелей / С. В. Сагин, Д. В. Мацкевич // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2011. – № 26. – Одесса : ОНМА. – С.116-125.
8. Сагин С. В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.
9. Сагин С. В. Зниження енергетичних витрат в прецизійних парах паливної апаратури судових дизелів // Судові енергетичні установки : науч.-техн. зб., 2018. – Вып. 38. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 132-142.
10. Сагин С. В., Заблоцкий Ю. В. Влияние анизотропных жидкостей на работу узлов трения судовых дизелей // Проблемы техники : науч.-виробн. журнал, 2012. – № 4. – Одесса : ОНМУ. – С. 68-81.
11. Сагин С. В., Мацкевич Д. В. Оптические характеристики граничных смазочных слоев масел, применяемых в циркуляционных системах судовых дизелей // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2011. – № 26. – Одесса : ОНМА. – С.116-125.
12. Kuropyatnyk O. A., Sagin S. V. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NOx Emissions from Marine Diesel Engines // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – 2019. – Vol. 66. – Iss. 1. – P. 1-9. doi.org/10.17818/ NM/2019/1.1

13. Sagin S. V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils // Materials of the International Conference "Process Management and Scientific Developments" Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. – P. 195-202.
14. Sagin S. V. Improving the performance parameters of systems fluids // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018. – № 7-8 (July-August). – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.
15. Sagin S. V., Kuropyatnyk O. A. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – June 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/ 2018/2.3
16. Sagin S. V., Semenov O. V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specification // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627.
17. Sagin S. V., Solodovnikov V. G. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.
18. Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // Indian Journal of Science and Technology. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.
19. Zablotsky Yu. V., Sagin S. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment, May 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКИХ АЗОТНОКАЛЬЦИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ НИТРАТНОАММОНИЙНОКАЛЬЦИЕВОГО РАСТВОРА И КАРБАМИДНО-АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

Шеркузиев Дониёр Шермаматович

канд. техн. наук, доцент, Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: doniyor_8184@mail.ru

Усмонова Зулфия Тохиржоновна

ассистент, Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган

Намазов Шафоат Саттарович

д-р техн. наук, профессор, академик, Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ionxanruz@mail.ru

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE LIQUID NITROGEN-CALCIUM FERTILIZERS ON THE BASIS NITROGENAM-MONIUMCALCIUM SOLUTION AND UREA-AMMONIUM NITRATE

Doniyor Sh. Sherkuziev

candidate of Technical Sciences, Namangan Institute of Engineering and Technology,
Uzbekistan, Namangan

Zulfiya T. Usmonova

assistant, Namangan Institute of Engineering and Technology,
Uzbekistan, Namangan.

Shafokat S. Namazov

doctor of Technical Sciences, professor, academic, Institute of General and Inorganic Chemistry of ASRUz,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследований в области синтеза жидких азотно-кальциевых удобрений (ЖАКУ) для сельского хозяйства. Предложено использование раствора карбамидно-аммиачной селитры (КАС) для разделения жидкой фазы аммонизированной нитрокальций-фосфатной пульпы. Изучены физико-химические свойства жидких азотно-кальциевых удобрений, установлено влияние состава сырья и различных технологических параметров.

ABSTRACT

The article presents the results of research in the synthesis of liquid nitrogen-calcium fertilizers (LNCF) for agriculture. It is proposed to use carbamide-ammonium nitrate (CAN) solution to separate the liquid phase of ammonis-phosphate pulp. The physical and chemical properties of liquid nitrogen-calcium fertilizers have been studied, the influence of the composition of raw materials and various technological parameters has been established.

Ключевые слова: жидкие азотно-кальциевые удобрения (ЖАКУ), нитрокальций-фосфатная пульпа, карбамидно-аммиачная селитра.

Keywords: liquid nitrogen-calcium fertilizer (LNCF), nitrocalcium-phosphate pulp, urea-ammonium nitrate.

Введение. Проблема получения минеральных удобрений нового для сельского хозяйства актуальна во всём мире. Среди них особое место занимают жидкие удобрения, которые характеризуются целым рядом отличий от удобрений, обычно используемых в сельском хозяйстве [1]. Жидкие органические удобрения благоприятствуют улучшению структуры почвы и сохранению в ней влаги [2]. Они вносятся в почву на достаточно большую глубину для ускорения снабжения корней посевов питательными компонентами. Жидкие удобрения способствуют ускоренному росту и повышению устойчивости посевов [3-5].

В Республике Узбекистан проводятся исследования в области получения сложных удобрений путём разложения фосфатов азотной кислотой, которая производится в крупных масштабах. Основная часть кислоты перерабатывается в аммиачную селитру методом нейтрализации синтетическим аммиаком. Применение азотной кислоты для разложения природных фосфатов позволяет использовать не только её анион, который остаётся в составе готового продукта в виде ценного питательного компонента - азота, но и химическую энергию кислоты. Кроме того, при производстве удобрения использование азотной кислоты имеет преимущество по сравнению с сернокислотным способом разложения и с экономической точки зрения, т.к. это позволяет снизить стоимость формы P_2O_5 , содержащейся в составе конечного продукта [6-10].

В предыдущей работе [11] нами приведены результаты исследований по улучшению качества НКФП путём разделения твёрдой части продуктов разложения фосфатного сырья азотной кислотой (нитрокальцийфосфатной пульпы-НКФП) от жидкой

фазы и последующей промывкой твёрдой фазы водой, отделения, сушки и грануляции. Показано, что высушенную твёрдую фазу можно использовать в качестве NPCa-удобрения. Содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$ и относительное содержание усвояемой формы P_2O_5 в удобрениях в зависимости от условий синтеза составляло соответственно 20-25% и 50,7-57%.

В данном сообщении приводятся результаты исследований по переработке жидкой фазы НКФП в жидкие азотно-кальциевые удобрения с использованием азотной кислоты.

Объекты и методы исследования. Объектом изучения являлись НКФП, карбамидно-аммиачная (КАС) и жидкая фаза. Состав жидкой фазы, содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$, различных форм кальция и азота анализировали согласно стандартным методикам [12]. Плотность и вязкость образцов жидких азотно-кальциевых удобрений (ЖАКУ) определяли в интервале температур 20-60°C.

Результаты и их обсуждение. Изучен состав жидких фаз, полученных путём разделения аммонизированных НКФП (табл.1). Как следует из приведённых данных, при разделении НКФП, полученных при нормах 40-60% HNO_3 , переход P_2O_5 в жидкую фазу не происходит, а при нормах 65-75% азотной кислоты P_2O_5 присутствует в жидкой фазе в следовых количествах (0,11-0,20%). В зависимости от условий синтеза, содержание азота и кальция в жидкой фазе колеблется в пределах 7,31-13,38% и 11,15-14,65% соответственно. Концентрация $Ca(NO_3)_2$ в жидкой фазе, в зависимости от нормы HNO_3 , составляет 31,92-42,49%. Из этого можно сделать вывод, что растворы, содержащие $Ca(NO_3)_2$ и частично NH_4NO_3 , возможно перерабатывать в ЖАКУ.

Таблица 1.

Состав жидких фаз, полученных путём разделения аммонизированных нитрокальцийфосфатных пульп

Норма HNO_3 , %	$P_2O_{5\text{общ.}}$, %	$CaO_{\text{общ.}}$, %	$CaO_{\text{усв.}}$, %	$CaO_{\text{водн.}}$, %	$N_{\text{общ.}}$, %	$N_{\text{амм.}}$, %	Сумма питательных компонентов, %
40	-	14,65	14,58	14,51	7,31	0,48	21,96
45	-	13,35	13,27	13,15	8,26	1,98	21,61
50	-	12,65	12,58	12,46	9,27	3,01	21,92
55	-	12,43	12,35	12,28	10,91	3,90	23,34
60	-	12,12	12,07	11,97	11,23	4,60	23,35
65	0,11	12,03	11,94	11,88	11,56	5,30	23,59
70	0,18	11,58	11,51	11,46	12,77	6,04	24,35
75	0,20	11,15	11,09	10,96	13,38	6,65	24,53

С целью повышения содержания питательных элементов в составе удобрений предложено добавлять к нитратноаммонийнокальциевому раствору (НАКР) раствор карбамидно-аммиачной селитры (КАС). Этот вид селитры широко применяется в сельском хозяйстве, является концентрированным азотным удобрением и содержит 28-32% азота. КАС получается смешением NH_4NO_3 с карбамидом. Для

получения жидкого азотно-кальциевого удобрения нами был использован аммонизированный раствор НАКР, имеющий $pH=6$ и КАС, содержащая в своём составе 30,58% азота. Технология получения удобрения заключалась в следующем. В трубчатый стеклянный реактор, снабжённый мешалкой, порционно в течение 10 мин добавляли КАС. Для лучшего взаимодействия исходных компонентов перемешивание

продолжалось ещё 10 мин. Весовое соотношение НАКР к КАС варьировалось в пределах 100:(30-100). Данным методом при различных условиях были получены 30 образцов ЖАКУ, состав которых приведён в табл. 2.

Установлено, что при повышении нормы азотной кислоты и количества добавляемого раствора КАС к

НАКР происходит понижение содержания всех форм СаО и увеличение общего, аммиачного и нитратного азота. Например, увеличение нормы HNO_3 от 40 до 65% способствует уменьшению содержания $\text{СаО}_{\text{общ.}}$ от 11,20 до 8,90; от 9,70 до 7,70; от 8,12 до 6,32; от 7,31 до 5,78 и увеличению количества общего азота от 12,65 до 16,49; от 15,02 до 18,43%.

Таблица 2.

Химический состав жидких азотнокальцевых удобрений

Норма HNO_3 , %	$\text{СаО}_{\text{общ.}}$, %	$\text{СаО}_{\text{усв.}}$, %	$\text{СаО}_{\text{вод.}}$, %	$\text{N}_{\text{общ.}}$, %	$\text{N}_{\text{амм.}}$, %	$\text{N}_{\text{нитрат.}}$, %	$\text{N}_{\text{амид.}}$, %	Сумма питательных компонентов, %
НАКР:КАС=100:30								
40	11,20	11,18	11,16	12,65	2,84	7,29	2,68	23,85
45	10,58	10,57	10,55	13,57	3,97	7,59	2,67	24,15
50	9,96	9,94	9,92	14,48	4,78	7,91	2,69	24,44
55	9,53	9,50	9,49	15,42	6,25	8,46	2,70	24,95
60	9,21	9,19	9,17	15,88	6,27	8,70	2,71	25,09
65	8,90	8,88	8,86	16,49	6,53	8,75	2,67	25,39
НАКР:КАС=100:50								
40	9,70	9,67	9,66	15,02	3,87	7,57	3,91	24,72
45	9,04	9,01	8,99	15,91	4,49	7,83	3,88	24,95
50	8,58	8,55	8,54	16,68	5,28	8,11	3,89	25,26
55	8,21	8,20	8,17	17,41	6,69	8,59	3,92	25,62
60	7,83	7,81	6,98	17,97	6,82	8,79	3,90	25,80
65	7,70	7,68	7,66	18,43	7,56	8,84	3,87	26,13
70	7,58	7,56	7,55	18,75	8,27	9,01	3,89	26,33
75	7,42	7,40	7,37	19,07	8,95	9,09	3,91	26,49
НАКР:КАС=100:80								
40	8,12	8,10	8,08	17,63	4,91	7,88	5,22	25,68
45	7,61	7,58	7,56	18,44	5,50	8,09	5,20	26,05
50	7,18	7,16	7,13	19,08	6,38	8,33	5,21	26,26
55	6,86	6,85	6,83	19,60	7,14	8,73	5,19	26,46
60	6,60	6,57	6,56	20,04	7,56	8,89	5,22	26,64
65	6,32	6,30	6,27	20,43	8,17	8,93	5,18	26,75
70	6,27	6,25	6,23	20,76	8,68	9,08	5,21	27,03
75	6,16	6,14	6,13	20,97	9,02	9,14	5,23	27,13
НАКР:КАС=100:100								
40	7,31	7,29	7,27	18,92	5,39	8,03	5,87	26,23
45	6,79	6,77	6,74	19,68	6,17	8,22	5,85	26,47
50	6,42	6,40	6,39	20,23	6,98	8,43	5,86	26,65
55	6,19	6,18	6,15	20,71	7,34	8,79	5,84	26,90
60	5,94	5,92	5,90	21,17	8,10	8,95	5,87	27,11
65	5,78	5,76	5,73	21,60	8,49	8,98	5,85	27,38
70	5,67	5,64	5,62	21,79	8,73	9,11	5,88	27,46
75	5,53	5,51	5,49	21,96	9,06	9,16	5,83	27,49

Изменение весового соотношения НАКР:КАС от 100:30 до 100:100 при нормах HNO_3 40 и 65% приводит к увеличению содержания общего азота и суммы питательных компонентов от 12,65 до 18,92; от 16,49 до 21,60; от 23,85 до 26,23 и от 25,39 до 27,38% соответственно. Аналогичная закономерность наблюдается и при других нормах азотной кислоты.

Изучены физико-химические свойства полученных ЖАКУ (табл. 3,4). Показано, что плотность образцов ЖАКУ увеличивается с повышением нормы HNO_3 , а с возрастанием температуры, наоборот, понижается. Повышение температуры смеси от 20 до 60°C, независимо от нормы HNO_3 и соотношения НАКР:КАС, привело к понижению плотности в среднем в 1,02 раза.

Таблица 3.

Плотность жидких азотнокальциевых удобрений

Норма HNO ₃ , %	Плотность, г/см ³ при температуре, °C				
	20	30	40	50	60
НАКР:КАС=100:30					
40	1,3486	1,3412	1,3339	1,3264	1,3194
45	1,3519	1,3456	1,3401	1,3316	1,3230
50	1,3640	1,3560	1,3485	1,3390	1,3312
55	1,3706	1,3625	1,3550	1,3471	1,3399
60	1,3772	1,3691	1,3609	1,3515	1,3427
65	1,3811	1,3745	1,3688	1,3584	1,3486
НАКР:КАС=100:50					
40	1,3437	1,3358	1,3292	1,3218	1,3140
45	1,3492	1,3429	1,3373	1,3281	1,3195
50	1,3580	1,3495	1,3410	1,3325	1,3244
55	1,3663	1,3587	1,3518	1,3440	1,3359
60	1,3723	1,3650	1,3584	1,3491	1,3403
65	1,3776	1,3706	1,3642	1,3543	1,3451
70	1,3839	1,3785	1,3728	1,3651	1,3580
75	1,3995	1,3929	1,3874	1,3795	1,3712
НАКР:КАС=100:80					
40	1,3413	1,3334	1,3260	1,3186	1,3115
45	1,3455	1,3389	1,3327	1,3237	1,3153
50	1,3530	1,3455	1,3385	1,3299	1,3212
55	1,3608	1,3537	1,3466	1,3391	1,3317
60	1,3667	1,3591	1,3521	1,3442	1,3370
65	1,3713	1,3650	1,3590	1,3501	1,3411
70	1,3777	1,3711	1,3645	1,3598	1,3555
75	1,3872	1,3802	1,3731	1,3654	1,3579
НАКР:КАС=100:100					
40	1,3406	1,3317	1,3232	1,3167	1,3109
45	1,3423	1,3356	1,3288	1,3204	1,3128
50	1,3477	1,3401	1,3329	1,3255	1,3184
55	1,3580	1,3504	1,3431	1,3353	1,3275
60	1,3632	1,3562	1,3493	1,3415	1,3341
65	1,3696	1,3615	1,3530	1,3453	1,3386
70	1,3740	1,3670	1,3607	1,3556	1,3513
75	1,3808	1,3738	1,3672	1,3607	1,3534

Таблица 4.

Вязкость жидких азотнокальциевых удобрений

Норма HNO ₃ , %	Вязкость, сПз при температуре, °C				
	20	30	40	50	60
НАКР:КАС=100:30					
40	3,49	2,69	2,36	1,98	1,80
45	3,71	2,93	2,52	2,02	1,88
50	4,00	3,17	2,76	2,21	2,03
55	4,34	3,24	2,85	2,49	2,16
60	4,68	3,80	3,32	2,61	2,44
65	5,10	4,47	3,87	3,06	2,86
НАКР:КАС=100:50					
40	3,45	2,62	2,30	1,93	1,76
45	3,65	2,88	2,47	1,98	1,83
50	3,90	3,11	2,70	2,15	1,97
55	4,25	3,20	2,80	2,40	2,10

60	4,56	3,73	3,27	2,57	2,38
65	5,05	4,40	3,80	3,00	2,82
70	5,40	4,10	3,93	3,05	2,98
75	6,49	4,83	4,15	3,44	3,21
НАКР:КАС =100:80					
40	3,32	2,55	2,20	1,88	1,70
45	3,60	2,80	2,40	1,95	1,75
50	3,82	3,06	2,60	2,08	1,92
55	4,18	3,11	2,71	2,33	2,06
60	4,48	3,65	3,22	2,50	2,32
65	4,96	4,30	3,72	2,90	2,76
70	5,30	4,41	3,86	2,95	2,88
75	6,39	4,73	4,08	3,34	3,11
НАКР:КАС=100:100					
40	3,27	2,50	2,11	1,80	1,65
45	3,55	2,72	2,35	1,89	1,70
50	3,73	3,00	2,52	2,00	1,85
55	4,11	3,02	2,62	2,25	2,00
60	4,42	3,58	3,14	2,43	2,23
65	4,88	4,20	3,63	2,83	2,68
70	5,19	4,30	3,80	2,88	2,81
75	6,29	4,66	4,00	3,26	3,03

При одной и той же норме HNO_3 , с уменьшением соотношения НАКР:КАС, т.е. при повышении содержания КАС, плотность раствора уменьшается. Например, при норме HNO_3 40 и 65% и температуре 20°C, изменении соотношения НАКР:КАС от 100:30 до 100:100 плотность ЖАКУ снижается от 1,3486 до 1,3406 и от 1,3811 до 1,3696 г/см³ соответственно. Такая же зависимость наблюдается и при других нормах HNO_3 и температурах. Вязкость ЖАКУ, как и плотность, уменьшается с повышением температуры и увеличением количества КАС.

Увеличение нормы HNO_3 от 40 до 65% при 20°C способствует возрастанию вязкости от 3,49 до 5,10; от 3,45 до 5,05; от 3,32 до 4,96; от 3,27 до 4,88 сПа соответственно для соотношений НАКР:КАС 100:30; 100:50; 100:80 и 100 : 100. Такая закономерность прослеживается и при других температурах.

При обработке полученных результатов исходили из того, температурная зависимость упругости паров над растворами ЖАКУ подчиняется уравнению Клаузиуса–Клапейрона. С помощью математической обработки результатов экспериментов методом наименьших квадратов рассчитаны значения констант и выведены эмпирические уравнения, позволяющие определять упругость паров образцов ЖАКУ в интервале температур 20-60°C. Вид уравнений $\lg P = A - B/T$ и значения величин упругости паров жидких удобрений при температурах 20, 30, 40, 50 и 60°C свидетельствуют о том, что упругость паров ЖАКУ возрастает с повышением температуры и уменьшением концентрации питательных компонентов (табл.5.).

Таблица 5.

Давление насыщенных паров (кПа) над растворами ЖАКУ

образца	Норма HNO ₃ , %	Вид уравнения lgP = A – B/T	Температура, °C					
			20	30	40	50	60	Т-ра кри- сталлизации
НАКР:КАС=100:30								
1	40	lgP =7,455-1834,8/T	2,06	3,35	5,19	7,85	11,61	-22
2	45	lgP =7,8072-1954,2/T	1,84	3,05	4,84	7,67	11,61	-24
3	50	lgP =8,1266-2104,9/T	1,16	2,02	3,35	5,43	8,61	-24,8
4	55	lgP =8,3464-2180,4/T	1,06	1,88	3,20	5,31	8,41	-25
5	60	lgP =8,6189-2273,1/T	0,97	1,89	3,06	5,07	8,22	-21,7
6	65	lgP =8,5071-2264,3/T	0,80	1,43	2,48	4,22	6,84	-18
НАКР:КАС=100:50								
1	40	lgP =8,0542-2033,6/T	1,72	2,92	4,84	7,67	11,88	-23
2	45	lgP =8,1471-2103,1/T	1,24	2,16	3,59	5,82	9,02	-22,4
3	50	lgP =7,9649-2048,5/T	1,24	2,11	3,51	5,56	8,61	-22

4	55	lgP = 8,5943-2263,4/Т	0,99	1,76	3,05	5,19	8,41	-21,5
5	60	lgP = 8,5143-2248,2/Т	0,92	1,64	2,85	4,73	7,67	-20,2
6	65	lgP = 8,3759-2218,0/Т	0,86	1,53	2,60	4,31	6,84	-18,9
7	70	lgP = 8,7383-2341,7/Т	0,75	1,36	2,43	4,12	6,84	-17,5
8	75	lgP = 8,8274-2387,6/Т	0,64	1,19	2,11	3,59	6,09	-16
НАКР:КАС=100:80								
1	40	lgP = 7,9615-2008,9/Т	1,68	2,85	4,62	7,33	11,35	-23,5
2	45	lgP = 8,2422-2150,8/Т	1,06	1,84	3,12	5,07	8,03	-20,8
3	50	lgP = 8,4833-2235,9/Т	0,94	1,68	2,92	4,84	7,85	-19,5
4	55	lgP = 8,708-2316,4/Т	0,84	1,53	2,72	4,52	7,50	-18
5	60	lgP = 8,79-2350,7/Т	0,78	1,43	2,54	4,31	7,16	-14,5
6	65	lgP = 8,7816-2384,1/Т	0,58	1,08	1,93	3,35	5,56	-12
7	70	lgP = 8,9854-2454,3/Т	0,54	1,01	1,84	3,27	5,43	-10,5
8	75	lgP = 9,3594-2614,4/Т	0,36	0,72	1,36	2,43	4,31	-9,0
НАКР:КАС=100:100								
1	40	lgP = 7,76-1961,7/Т	1,57	2,60	4,12	6,53	9,89	-19
2	45	lgP = 8,378-2183,9/Т	1,11	1,97	3,35	5,56	8,81	-16,8
3	50	lgP = 8,5891-2260,6/Т	0,99	1,80	3,12	5,19	8,41	-14
4	55	lgP = 8,3164-2191,8/Т	0,92	1,60	2,72	4,52	7,16	-12
5	60	lgP = 8,6232-2294,0/Т	0,82	1,49	2,60	4,41	7,16	-10,2
6	65	lgP = 8,506-2289,5/Т	0,65	1,19	2,06	3,51	5,69	-8,4
7	70	lgP = 8,9511-2452,4/Т	0,51	0,97	1,76	3,05	5,07	-6,7
8	75	lgP = 8,7933-2413,5/Т	0,47	0,90	1,60	2,78	4,62	-5

Температура кристаллизации ЖАКУ в исследуемых нормах HNO_3 и соотношениях НАКР:КАС изменяется в пределах $(-5,0) - (-22)^\circ\text{C}$. Наиболее низкие значения температуры кристаллизации ЖАКУ наблюдаются в образцах, полученных при нормах азотной кислоты 40-55%.

Выводы. Установлено, что путём добавления карбамида к аммонизированному нитратноаммонийно-кальциевому раствору при соотношении

НАКР:КАС=1:(0,3-1) можно получить жидкие азотно-кальциевые удобрения с суммой питательных компонентов 23,85-27,49%. Удобрения нового типа обладают хорошими физико-химическими свойствами и могут быть использованы в сельском хозяйстве.

Список литературы:

1. Mori, R., Ohdoi, K., Shimizu, H., Nakashima, H., & Miyasaka, J. (2010). Study of the Mathematical Models for Operation of Liquid Fertilizer Application. IFAC Proceedings Volumes, 43(26), 316-321.
2. Chiang, P. N., Tong, O. Y., Chiou, C. S., Lin, Y. A., Wang, M. K., & Liu, C. C. (2016). Reclamation of zinc-contaminated soil using a dissolved organic carbon solution prepared using liquid fertilizer from food-waste composting. Journal of hazardous materials, 301, 100-105.
3. Chen Ya-yu, Huang Feng-qiu, WANG Cui-hong, et al. (2013). Progresses of Deep-applying Fertilizer Techniques. Hunan Agricultural Sciences (21), 29-33. (in Chinese).
4. Silva, M. J., Franco, H. C. J., & Magalhães, P. S. G. (2017). Liquid fertilizer application to ratoon cane using a soil punching method. Soil and Tillage Research, 165, 279-285.
5. Xue Xiuyun et al. (2019). Variable Rate Liquid Fertilizer Applicator for Deep-fertilization in Precision Farming Based on ZigBee Technology / IFAC PapersOnLine 52-30, 43-50.
6. Набиев М.Н. Азотнокислотная переработка фосфатов. – Ташкент, 1976. – т.1. – 367 с.
7. Реймов А.М. Разработка технологии получения нитрокальцийфосфатных и нитрокальцийсульфосфатных удобрений на основе разложения Кызылкумских фосфоритов при пониженной норме азотной кислоты: дисс. канд.техн.наук. – Ташкент, 2004. – 165 с.
8. Намазов Ш.С., Реймов А.М., Мирзакулов Х.Ч., Якубов Р.Я., Беглов Б.М. Получение нитрокальцийфосфатных и нитрокальцийсульфосфатных удобрений из рядовой фосмуки Центральных Кызылкумов на лабораторной модельной установке. // Химическая промышленность (Санкт-Петербург). – 2004. – №12. – С.604-610.

9. Раджабов Р.Р. Опытнo-промышленная установка для получения нитрокальцийфосфатного удобрения. // Химическая технология. Контроль и управление. – 2006. - №3. – С.5-11.
10. Раджабов Р.Р. Выпаривание нитрокальцийфосфатной пульпы. // Химическая технология. Контроль и управление. – 2006. – №4. – С.9-11.
11. Шеркузиев Д.Ш., Раджабов Р.Р., Намазов Ш.С., Реймов А.М. Азотно-фосфорно-кальциевые удобрения на основе разложения рядовой фосфоритовой муки Центральных Кызылкумов неполной нормой азотной кислоты. // Узб.хим.ж. – 2009. – №2 – С.32-38.
12. Винник М.М., Ербанова Л.Н., Зайцев П.М. и др. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. – М.: Химия, 1975. – 218 с.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА****Шеркузиев Дониёр Шермаматович**

канд. техн. наук, доц., Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: doniyor_8184@mail.ru

Арипов Хайруллахан Шукурулаевич

канд. хим. наук, доц., Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган,
E-mail: aripov_hsh_310754@mail.ru

Аскарова Ойдин Каримхон кизи

ассистент, Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: askqarovaoydin90@gmail.com

Махмудова Маъмурахон

студентка, Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган

**TECHNOLOGY OF OBTAINING NEW HYDROGELS COMPLEX
ACTION FOR AGRICULTURE****Doniyor Sherkuziyev**

Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Namangan Institute of Engineering and Technology,
Republic of Uzbekistan, Namangan

Khairullahan Aripov

Candidate of Chemical Sciences, associate Professor, Namangan Institute of Engineering and Technology,
Republic of Uzbekistan, Namangan

Oydin Askarova

Assistant, Namangan Institute of Engineering and Technology,
Republic of Uzbekistan, Namangan

Mamurahon Mahmudova

Student, Namangan Institute of Engineering and Technology,
Republic of Uzbekistan, Namangan

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследований получения гидрогелей для сельского хозяйства широкого комплексного действия. В качестве добавок к гидрогелям использованы различные минеральные удобрения (NPK, аммофос) и стимуляторы в различных соотношениях. Изучены процессы набухания гидрогелей в различных почвенно-климатических условиях.

ABSTRACT

The article presents the results of studies on the production of hydrogels for agriculture with a wide integrated effect. Various mineral fertilizers (NPK and ammophos) and stimulants in different ratios were used as additives to hydrogels. The processes of swelling of the obtained hydrogels in various soil and climatic conditions were studied.

Ключевые слова: гидролизированный полиакрилонитрил (ГИПАН), NPK, соляная кислота, аммофос, гидроксид аммония.

Keywords: hydrolyzed polyacrylonitrile (HIPAN), NPK, hydrochloric acid, ammophos, ammonium hydroxide.

Введение. Проблема экономии воды во всем мире, в том числе и в Республике Узбекистан, является одной из самых глобальных. Это особенно актуально в области сельского хозяйства [8]. В сельском хозяйстве на эффективный рост и развитие растений большое влияние оказывают своевременное и правильное осуществление агрохимических мероприятий, внесение оптимального количества удобрений и регулярное проведение поливов. Вместе с тем в ряде работ показано, что, однако, при этом в результате выщелачивания почвы или испарения около 40–70 % азота, 80–90 % фосфора и 50–70 % калия без их поглощения растениями попадают в окружающую среду [6, 5]. Удаление избытка азота возможно осуществить 2 способами: газообразным выделением в процессе микробиологической трансформации или в результате выщелачивания с просачивающейся водой. Выщелачивание азота ускоряется в песчаных почвах из-за высокого уровня осадков [10].

В области химии полимеров актуальными являются исследования в области синтеза новых материалов широкого действия для сельского хозяйства. Важное значение при этом имеют водорастворимые или высоконабухаемые полимеры – гидрогели [9].

Целью настоящей работы являлась разработка новой технологии синтеза гидрогелей для сельского

хозяйства с использованием различных питательных компонентов.

Объекты и методы исследования. Объектом изучения являлись гидролизированный полиакрилонитрил (ГИПАН), формальдегид, гидрогель, аммофос и NPK. Исследования процессов сшивки ГИПАН проводились в водных растворах в присутствии инициатора. Количество сшивающего агента варьировали в пределах 0,1–7,0 % от массы ГИПАН. Процессы набухания изучали с помощью методов оптического измерения геометрических размеров визуализированных образцов правильной формы (цилиндров, сфер), а также автоматической регистрации объема жидкости, оставшейся после поглощения ее образцом [7].

Результаты и их обсуждение. Водопоглощающие гидрогели – это пространственно-сшитые природные или синтетические полимеры, а также их композиции, обладающие высокой гидрофильностью, способные в набухом состоянии удерживать большое количество (1000–10000 г/г) воды.

Процесс синтеза высоконабухающих полимерных гидрогелей можно разделить на 2 стадии: полимеризация акриловой кислоты и непосредственно процесс образования сетчатого полимера сшивкой с молекулами сшивающего агента.

Реакция ГИПАН с формальдегидом происходит следующим образом:

При нагревании и подкислении образующегося полиметилолакриламида происходит сшивка цепей с образованием мостиков ($-\text{CONHCH}_2-\text{O}-\text{CH}_2\text{NHCO}-$):

Рисунок 1. Структура гидрогеля

В более ранних работах были изучены процессы синтеза гидрогелей в присутствии гидролизованного полиакрилонитрила (ГИПАН), карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), формальдегида, крахмала и других веществ в различных вариантах, а также изучена эффективность их использования в сельском хозяйстве [2, 4, 1, 3].

Проведенные эксперименты показали, что изменение температуры реакции оказывает существенное влияние на весь процесс гелеобразования. Так, к примеру, при температуре свыше 60 °С реакция протекает в течение довольно короткого периода. Исходя из этого, выбрана оптимальная температура (70 °С), при которой гелеобразование происходит в течение нескольких минут.

Изучено влияние содержания сшивающего агента на процессы набухания гидрогеля. При увеличении доли сшивающего агента наблюдается уменьшение набухаемости гидрогеля. При малых же количествах сшивающего агента зависимость имеет прямо пропорциональный характер, а при его увеличении свыше 3 % эта зависимость нарушается. Показано, что кривые динамики набухания расположены в порядке убывания в зависимости от увеличения концентрации сшивающего агента. Это объясняется тем, что при увеличении в реакционной смеси содержания сшивающего агента образуется плотная сетка сшитых звеньев, что, в свою очередь, приводит к понижению водоудерживающей способности синтезированных гидрогелей.

Обнаружено, что оптимальным содержанием сшивающего агента в реакционной смеси является

его концентрация в пределах 1–3 %. Это объясняется тем, что в связи с повышением концентрации сшивающего агента сокращается длина макромолекулы образующегося полимера и, соответственно, снижается степень набухания гидрогеля. В работе также изучено влияние содержания воды в реакционной смеси на свойства синтезированного гидрогеля. Показано, что с увеличением степени разбавления реакционной смеси происходит или отсутствие процесса гелеобразования, или процесс сильно замедляется. В этом случае продукт отличается очень низкой степенью сшивки и характеризуется достаточно хорошей растворимостью в воде. Повышение содержания сшивающего агента в реакционной смеси (свыше 6 %) приводит к возрастанию вязкости полученного раствора и затруднению процесса перемешивания, что в конечном итоге приводит к снижению реакционной способности продукта, в связи с чем нами выбрана его оптимальная (до 6 %) концентрация сшивающего агента. Количество воды, необходимое для разбавления щелочи, также найдено экспериментально и составляет 15 % от общей массы реакционной смеси.

С целью полной характеристики синтезированных полимеров определены важнейшие свойства полученного гидрогеля. Исходя из того, что водопоглощающая способность гидрогелей в почве должна сохраняться на протяжении продолжительного периода (несколько лет), возникла необходимость в изучении кратности его набухания. Кратность набухания гидрогеля является одним из критериев оценки эффективности воздействия. При многократном изменении агрегатного состояния гидрогеля от максимального набухания до минимального его водопоглощающая способность заметно понижается. Проведены эксперименты по изучению поведения образцов гидрогелей, подвергнутых многократному набуханию и сушке при комнатной температуре. Установлено, что образцы после сушки, имеющие первоначальное водопоглощение 300 мл/г, даже после 10 циклов высушивания-набухания практически не изменяют свои сорбционные свойства (табл. 1).

Таблица 1.

Степень набухания гидрогелей на основе ГИПАН с формальдегидом

ГИПАН	97 (%)
Название сшивающего агента	Формальдегид
Содержание сшивающего агента,	3
Степень набухания, $m-m_0/m_0$	133

Учитывая, что в состав физиологических и природных растворов входят различные ионы, то для прогнозирования их воздействия изучены процессы набухания синтезированных гидрогелей в растворах различных солей. Установлено, что водопоглощение гидрогелей, синтезированных с использованием 0,1 %-ного содержания сшивающего агента, уменьшается до 250 г/л в 0,9 %-ных растворах солей, в то время как в дистиллированной воде этот показатель составляет 300 г/л. Более резкие изменения процесса набухания-коллапс наблюдались в растворах поливалентных металлов. Это проявляется в резком сокращении размеров образованного геля при понижении

температуры, а также в ухудшении качества растворителя, в котором происходит набухание гидрогеля.

Наряду с изучением процессов влагоудержания синтезированных гидрогелей исследованы возможности синтеза гидрогелей нового типа, содержащих в своем составе различные макроэлементы и стимуляторы роста растений.

В целях увеличения содержания питательных компонентов в составе гидрогелей, полученных на основе ГИПАН, к гидрогелю путем механического обогащения добавляли $(NH_4)_2SO_4$ в соотношении 60:40. К полученной смеси при постоянном встряхивании путем распыления добавляли раствор

стимулятора, далее смесь превращали в гранулы и высушивали.

В целях увеличения содержания питательных компонентов к гидрогелю, полученному на основе гидролизованного полиакрилонитрила (ГИПАН), путем механического обогащения добавляли различные удобрения, а именно NPK при соотношении 80:20, аммофос при соотношении 70:30. Для этого к порошкообразному гидрогелю при тщательном перемешивании добавляли соответствующее количество вышеуказанных удобрений. К полученной смеси путем распыления при встряхивании добавляли раствор стимулятора,

затем образцы гранулировали и образовавшиеся гранулы затем высушивали.

Изучены процессы набухания высушенных образцов гидрогелей. При проведении исследований были учтены природно-климатические условия региона, т. е. было принято во внимание, что в самый жаркий летний период интервал дневных температур почвы варьируется в пределах 30–50 °С. Ниже приведены диаграммы набухания образцов гидрогелей без добавок и композиции гидрогеля с NPK (80:20), аммофосом (70:30) и стимулятором в интервале температур 30–50 °С (рис. 2, 3).

Рисунок 2. Диаграмма набухания гидрогеля без добавок (1) и гидрогеля, содержащего питательные компоненты состава гидрогель + NPK (80:20) + стимулятор в различных растворителях (2)

Рисунок 3. Диаграмма набухания гидрогеля без добавок (1) и гидрогеля, содержащего питательные компоненты состава гидрогель + аммофос (70:30) + стимулятор в различных растворителях (2)

Как видно, вес исходного образца в вышеуказанных условиях при 30 °С в течение 4 мин увеличился с 2 до 23 г, причем этот показатель в самом гидрогеле составлял 27 г (рис. 2). Хорошая набухаемость гидрогеля обнаружена в водной среде

при температуре 50 °С, вес образца при этом увеличился с 2 до 19 г. В самом гидрогеле этот показатель вместо 24 г составил 19 г. Хорошая набухаемость гидрогеля достигнута также в среде

5 %-ного р-ра NaOH и водной среде при температуре 50 °C (рис. 3).

Выводы. Показана возможность синтеза получения новых гидрогелей, содержащих в своем составе питательные компоненты и ростовые вещества, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве в засушливых регионах. Обнаружено, что путем введения в состав гидрогеля, синтезированного на основе гидролизованного полиакрилонитрила, минеральных удобрений в качестве питательных компонентов достигается

увеличение способности гидрогелей удерживать как влагу, так и макро- и микроэлементы. Наилучшими показателями обладали гидрогели, полученные при оптимальном соотношении гидрогель + NPK (80:20) + стимулятор и гидрогель + аммофос (70:30) + стимулятор в водной среде. Применение гидрогелей широкого комплексного воздействия в сельском хозяйстве позволит значительно сберечь водные и минеральные ресурсы и увеличить урожайность сельскохозяйственной продукции.

Список литературы:

1. Производство и применения гидрогеля с целью сбережения водных ресурсов / Д.Ш. Шеркузиев, Ш.Д. Ширинов, М.О. Юсупов, А.Т. Джалилов. – М. : Навруз, 2019. – 130 с.
2. Управление земельными ресурсами и их оценка: новые подходы и инновационные решения / Д.Ш. Шеркузиев, М.О. Юсупов, М.М. Курбонов, Ш.Д. Ширинов // Материалы российско-узбекской научно-практической конференции, посвященной 100-летию Национального университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека. – М. – Ташкент, 2019. – С. 603–605.
3. Шеркузиев Д.Ш., Ширинов Ш.Д., Мамадрахимов А. Характеристика гидрогелей нового поколения, применяемых в сельском хозяйстве. – М. : Наманган, 2019. – 116 с.
4. Hydrogel production of new generation based on local raw materials European Sciences review / D.Sh. Sherquzyev, Sh.D. Shirinov, M.O. Yusupov, O. Asqarova // Scientific journal. – Vienna, Austria, 2018. – № 11–12 (November – December). Vol. 1. – P. 141–145.
5. K.W.F.H. Alper Baba, Orhan Gunduz, Nitrogen Leaching in an Aquatic Terrestrial Transition Zone. – Springer, Canakkale, Turkey, 2005.
6. Ni B., Liu M., Lü S. Multifunctional Slow-Release Urea Fertilizer from Ethylcellulose and Superabsorbent Coated Formulations // Chem. Eng. J. – 2009. – № 155. – P. 892–898.
7. Peters A., Candau S.J. Kinetics of swelling of Polyacrylamide gels // Macromolecules. – 1986. – Vol. 19. № 7. – P. 1952–1955.
8. Shekofteh H., Salari N. Influence of hydrogel polymer and NO_3^- : NH_4^+ ratios on dill (*Anethum graveolens* L.) seed essential oil composition and yield // Desert (2008-0875). – 2016. – Vol. 21. Issue 1. – P. 91–101.
9. Synthesis and Characterization of Cellulose-Based Hydrogels to Be Used as Gel Electrolytes / M.A. Navarra, B. Dal, Chiara, Moreno, S. Judith [et al.] // Membranes. – 2005. – Vol. 5. Issue 4. – P. 810–823.
10. Wang W., Wang A. Synthesis, Swelling Behaviors and Slow-Release Characteristics of a Guar Gum-g-Poly (sodium acrylate) / Sodium Humate Superabsorbent // Journal of Applied Polymer Science – 2009. – № 112. – P. 2102–2111.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ**Домуладжанов Ибрагимжон Хаджимухамедович**

канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: domuladjanovi@mail.ru, domuladjanov@ferpi.uz

Холмирзаев Юсуфали Мухаммадсаидович

ассистент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана

Домуладжанова Шахло Ибрагимовна

ассистент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана

**ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION ENVIRONMENTAL INFLUENCE
OF A PETROL FILLING STATION****Ibragimjon Domuladjanov**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor "Department of Life Safety", Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana

Yusufali Xolmirzayev

Assistant, "Department of Life Safety", Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana

Shaxlo Domuladjanova

Assistant, "Department of Life Safety", Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

В работе приводится оценка загрязнения атмосферы существующими источниками выбросов, оценка ущерба, наносимого этими выбросами, определение величин предельно допустимых выбросов (ПДВ), гарантирующих нормативное количество воздуха в приземном слое с учетом развития предприятия и фоновых концентраций. Разработан комплекс мероприятий, обеспечивающих снижение существующих валовых выбросов до допустимых величин.

Согласованный и утвержденный проект нормативов ПДВ для фирмы «Муротхон» является основанием для выдачи предприятию разрешения на выбросы и основной программой воздухоохранной деятельности предприятия. Фирма предназначена для хранения бензина и реализации этой продукции.

ABSTRACT

In the article provides an assessment of atmospheric pollution by existing sources of emissions, an assessment of the damage caused by these emissions, determination of maximum permissible emissions (MPE) that guarantee the normative amount of air in the surface layer, taking into account the development of the enterprise and background concentrations. A set of measures has been developed to ensure that existing gross emissions are reduced to acceptable values.

The agreed and approved draft MPE standards for the Murotkhon Firm is the basis for issuing an emission permit to the enterprise and the main air program is the security activity of the enterprise. The company is designed to store gasoline and sell these products.

Ключевые слова: ПДК, нормативы, расчеты, приземный слой, окружающая среда, положение, плата за выбросы, оценка, загрязнение.

Keywords: MPC, standards, calculations, surface layer, environment, location, payment for emissions, assessment, pollution.

Решение экологических проблем требует реального, а не декларативного повышения социально-

экологического статуса и выработки на этой основе долгосрочной структурной (отраслевой, технологической, территориальной) перестройки народного хозяйства для ресурсосбережения и уменьшения выбросов (сбросы, размещение отходов) загрязняющих веществ в окружающую среду [8, 1, 5, 10, 3, 2, 11].

Согласно Положению о плате за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов с установлением размеров компенсационной оплаты необходимо разрабатывать нормативные документы для определения количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Платежи за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду и размещение отходов взимаются и поступают в «Фонд охраны природной среды» с разработанных нормативов ПДВ, ПДС и ПДО.

Ферганская долина относится к району с наибольшей предрасположенностью к загрязнению окружающей среды. Насыщенность промышленностью, автотранспортом, климато-метеорологические условия и топографическое расположение района способствуют высокому потенциалу загрязнения, скоплению примесей в приземном слое, фоновому загрязнению по сравнению с западными районами республики, где проветривание осуществляется лучше и, следовательно, способствует лучшему рассеиванию вредных выбросов.

В этой связи целью настоящей работы является оценка загрязнения атмосферы существующими источниками выбросов от АЗС, оценка ущерба, наносимого этими выбросами, определение величин предельно допустимых выбросов (ПДВ), гарантирующих нормативное количество воздуха в приземном слое с учетом развития предприятия и фоновых концентраций, разработка комплекса мероприятий, обеспечивающих снижение существующих валовых выбросов до допустимых величин [8, 1, 5, 10, 3, 2, 11].

Согласованный и утвержденный проект нормативов ПДВ является основанием для выдачи предприятию разрешения на выброс и основной программой воздухоохранной деятельности предприятия.

Фирма «Муротхон» предназначена для хранения бензина и реализации этой продукции.

Используемое на фирме сырье и оценка выбросов в атмосферу загрязняющих веществ позволяют отнести ее к III категории воздействия на окружающую среду [4].

Фирма «Муротхон» расположена в 4–5 км от центра города Маргилана, вдоль дороги Фергана – Маргилан. Фирма «Муротхон» граничит со следующими предприятиями: АО «Автотранспорт», фирма «Садокат», автозаправочная станция «Автомобиличи». В радиусе 500 м от фирмы «Муротхон» находится Маргиланский филиал «Асака банк», АО «Ферганасеть», станция ТО автомобилей г. Маргилана, АО «Сантехгазмонтаж».

От г. Ферганы фирма «Муротхон» находится на расстоянии 5–6 км на юго-запад от его центра.

Проект нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) АЗС разработан с целью уточнения инвентаризации и установления нормативов ПДВ.

Исходными данными для проведения расчетов загрязнения атмосферы для существующего положения послужили параметры выбросов, полученные прямыми измерительными методами и представленными в инвентаризации источников выбросов вредных веществ предприятия [4].

Инвентаризацией и инженерными исследованиями выявлены 7 источников выделений и 7 источников выбросов – все неорганизованные.

В атмосферу от предприятия выбрасываются 1,5967 т/год загрязняющих веществ, в том числе жидких и газообразных 1,5967 т/год.

По ингредиентам: пары бензина – 1,5967 т/год.

Согласно регламентирующим документам, данное производство относится к III категории воздействия на окружающую среду (низкий риск) [6].

Расчет производится в соответствии с основными требованиями руководящих методических документов, регламентирующих как методы отбора и анализа проб, так и расчет выбросов загрязняющих веществ, согласованных органами Госкомгидромета и ОНД-86 [7].

Следовательно, необходимо сделать расчеты согласно ОНД-86, и после анализа полученные значения выбросов вредных веществ можно взять за нормативные. Разработать природоохранные мероприятия, направленные на соблюдение технологического регламента, контроль за герметичностью оборудования, чистотой территории, и, выполняя их, можно рекомендовать в качестве нормативов ПДВ данные, приведенные в инвентаризации [4].

На территории фирмы находятся 5 емкостей по 25 тонн каждая и 2 автоколонки для реализации бензина.

А также помещение оператора, выгребной туалет. Площадь фирмы составляет 1590,5 м², в том числе 251,2 м² – под строительство, 1077,81 м² – под твердые покрытия, под озеленение территории – 200,7 м², грунтовые площадки – 60,79 м².

Число работающих – 7 человек, в том числе ИТР – 2 человека.

На фирме число рабочих дней в году – 365.

Фирма состоит из основного и вспомогательного производств.

Основное производство – это хранение и реализация бензина.

Вспомогательное производство. Офис, операторная, выгребной туалет.

Источниками выбросов на фирме являются в основном выбросы паров бензина из дыхательных клапанов емкостей для хранения бензина и неорганизованные выбросы от автозаправочных колонок.

В таблице 1 приведен перечень вредных веществ, поступающих в атмосферу от АЗС.

Таблица 1.

Перечень вредных веществ, поступающих в атмосферу от АЗС

№ источника	Наименование ингредиента	ПДК максимальная разовая, мг/м ³	Класс опасности	Выбросы, г/сек	Выбросы, т/год
1–7	Пары бензина	5,0	4	1,2116	1,5967

Как следует из данных таблицы 1, на объекте – газообразные ингредиенты.

Характеристика источников выбросов загрязняющих веществ, их параметры, а также количество выбрасываемых загрязняющих веществ (г/с, т/г) от каждого источника представлены в таблице 1.

Согласно «Методике расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86» [7] максимальные значения приземных концентраций вредных веществ C_m (мг/м³) определяется по формуле:

$$C_m = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt{V_0 \times \Delta T}},$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации = 200 для г. Ферганы;

M – мощность выбросов в г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, для газообразных веществ он равен 1;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

η – безымянный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, он равен 1;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_n , °C;

V_1 – объем газовой смеси (м³/с).

$$V_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} \times W,$$

где D – диаметр устья источника выброса (м);

W – скорость газовой смеси (м/с).

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров f , V_m , $V_{m'}$ и f_0 .

$$f = 1000 \times \frac{W \times D}{H^2 \times \Delta T};$$

$$V_m = 0,65^3 \sqrt{V_0 \times \Delta T / H};$$

$$V_{m'} = 1,3 \times \frac{W \times D}{H};$$

$$f_0 = 800 \times (V_{m'})^2;$$

$$V_m \geq 2, \text{ то } n = a.$$

Коэффициент m определяется по формуле, если $f \geq 100$, то

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}.$$

Параметры выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приведены выше.

Как упоминалось, объект расположен в жилой зоне и по воздействию на окружающую среду относится к III категории.

Расчет проводился в соответствии с основными требованиями руководящих документов, регламентирующих как методы отбора и анализа проб, так и расчет выбросов загрязняющих веществ, разработанных и утвержденных Госкомэкологии Республики Узбекистан.

Расчетом охвачен 4-угольник со сторонами 1000×1000 м, шагом 100×100 , коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, принят для газообразных равным 1. Коэффициент, зависящий от температурной стратификации для Ферганы, принят 200, скорость ветра, вероятность превышения которой в год составляет 5 %, = 5 м/с, заданная скорость ветра принята 0,5 м/с. Число выдаваемых вкладов принято 2, число выдаваемых максимальных концентраций – 2 [6, 7, 9].

Расчеты концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы от источников на реконструируемом объекте находятся в пределах нормативных (таблица 2).

Таблица 2.

Данные расчета концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы по объектам

Ингредиент	ПДК максимальная разовая, мг/м ³	Выбросы, М, г/сек	Концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы, в долях ПДК, мг/м ³	Расстояние, на котором рассеиваются вредные вещества, м
Пары бензина	5,0	1,2116	0,52	5,6

Анализ результатов расчета подтвердил наши предположения о том, что нет превышения нормативов по всем ингредиентам выбрасываемых в атмо-

сферу веществ. Поэтому после анализа расчетов вышеприведенные значения выбросов вредных веществ

(таблица 1) можно принять за нормативные и разрабатывать природоохранные мероприятия для соблюдения этих параметров.

Список литературы:

1. Взвешенные в воздухе токсичные вещества / И.Х. Домуладжанов, М.А. Абдуллаева, Н.У. Байдуллаева, У.С. Курбанова // «Ўзбекистон Олима – аёлларининг ва ёш олималарининг илм-фан, техника тарақиётида тутган ўрни» мавзусида Вилоят илмий-амалий Анжумани материаллари. Фаргона ш. 2010 февраль ойи. Фаргона, Фаргона вилоят хокими, Вилоят хотин-кизлар кўмитаси, 2010. – 72–73 б.
2. Домуладжанов И.Х., Латипова М.И. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды. Качество, стандартизация, контроль: теория и практика // Материалы 17-й Международной научно-практической конференции (г. Одесса, 4–8 сентября 2017 г.). – Киев : АТМ Украины, 2017. – С. 77–84.
3. Домуладжанов И.Х., Маширов И.Г., Жалолов И. Состав и состояние грунтов. Инженерия поверхности и реновация изделий // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции. Посвящается 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси П.И. Ящерицына (Одесская обл., Затока, 1–5 июня 2015 г.). – АТМ Украины, 2015. – С. 106–109.
4. Инвентаризация вредных выбросов в атмосферу по фирме «Муротхон». – Фергана, 2017. – 27 с.
5. К вопросу об экологической характеристике района / И.Х. Домуладжанов, В.Г. Бояринова, Ш.И. Домуладжанова, М.И. Домуладжанова // Материалы Республиканской научно-технической и методической конференции «Актуальные проблемы обеспечения водоустойчивости», посвященной 10-летию кафедры «Защита окружающей среды и экологии» КарИЭИ (г. Карши, 20–21 ноября 2010 г.). – Карши : КарИЭИ, 2010. – С. 76–77.
6. ОНД-86. Госкомгидромет. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – М. : Гидрометеиздат, 1987. – 187 с.
7. Постановление кабинета министров Республики Узбекистан от 22.11.2018 № 949 «Об утверждении Положения о государственной экологической экспертизе в Республике Узбекистан». С приложением № 2 от 22.11.2018 «Перечень видов деятельности, по которым осуществляется государственная экологическая экспертиза».
8. Разработка нормативов ПДВ и ЗЭП для промпредприятий. Качество, стандартизация, контроль: теория и практика / М.И. Домуладжанова, В.Г. Бояринова, И.Х. Домуладжанова, Ш.И. Домуладжанова // Материалы 11-й Международной научно-практической конференции (г. Ялта, 26–30 сентября 2011 г.). – Киев : АТМ Украины, 2011. – С. 43–47.
9. Справочник эколога-эксперта / Н.В. Королева, И.Г. Фахрутдинов, К.В. Ананьева, Г.В. Перевозчиков [и др.]. – Ташкент : Госкомприроды Республики Узбекистан, 1997. – 435 с.
10. Экологические факторы и здоровье населения / И.Х. Домуладжанов, М.И. Латипова, В.Г. Бояринова, Ш.И. Домуладжанова [и др.] // Тошкент тиббиёт академияси Фаргона филиали «Кичик бизнес ва хусусий тадбиркорлик» йили муносабати билан «Ташки муҳит ҳамда инсон саломатлиги муҳофазасида янги инновацион ишланмалар» профессор-ўқитувчилари ва талабаларининг илмий-амалий конференцияси. 2011 йил 25 май Фаргона шаҳри. Тошкент медицина академиясини филиали. – Фаргона : 2011. – С. 67–69.
11. Hodjamberdiev I., Tuhvatshin R., Domuladjanov I. Central Asia old tailing, Mutual Risk factors // “Innovations in minimization of natural and technological risk”. Abstracts of the first Eurasian Conference “Risk–2019” (Azerbaijan, Baku, 22–24 may 2019). – ANAofS, 2019. – 49 с.

БИТУМНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ГОССИПОЛА**Умурова Шаходат Шавкатовна***магистрант кафедры химии, Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара***Жамолова Нодира Жобир кизи***магистрант кафедры химии, Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара***Амонов Мухтар Рахматович***д-р тех. наук, проф. кафедры химии, Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: ximiya@mail.ru***Рашианов Казокмурод Асадович***канд. хим. наук, доц. кафедры химии, Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара***Ниёзов Алишер Камирович***д-р физ.-техн. наук (PhD) кафедры химии, Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: alisher_25@list.ru***BITUMINOUS COMPOSITIONS BASED ON GOSSYPOL****Shahodat Umurova***master's degree in chemistry at Bukhara state University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara***Nodira Jamolova***master's degree in chemistry at Bukhara state University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara***Mukhtar Amonov***Doctor of technical Sciences, Professor of the Department of chemistry, Bukhara state University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara***Kazokmurod Ravshanov***Ph. D., associate Professor of the Department of chemistry, Bukhara state University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara,***Alisher Niyozov***Ph. D. (PhD) of the Department of chemistry, Bukhara state University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara***АННОТАЦИЯ**

Впервые были получены высокоэффективные битумные композиции на основе госсипола, лигнина, уротропина и гудрона при низких температурах (70 °С) и в течение 60 мин. Оптимальный состав данной композиции (масс.%): госсипол – 35,5–38,5; уротропин – 0,33–0,40; смесь лигнина – 26,5–30,0. Изучен механизм действия полученного композиционного состава и определены его технические характеристики.

Выявлено, что технические характеристики битума, модифицированного госсиполом, лигнином и уротропином, повышаются с увеличением концентрации компонентов, входящих в состав композиции. Установлено, что введение вышеуказанных компонентов в состав битума способствует увеличению температуры смягчения до 65 °С, глубина погружения иглы уменьшается до 25–30 мм⁻¹.

ABSTRACT

For the first time, high-performance bituminous compositions based on gossypol, lignin, urotropin and tar were obtained at low temperatures (70°C) and for 60 minutes. The Optimal composition of this composition (mass.%) gossypol-35,5-38,5; urotropin-0,33-0,40; lignin mixture-26,5-30,0. The mechanism of action of the resulting composite composition was studied and its technical characteristics were determined.

It was found that bitumen modified with gossypol, lignin and urotropin increases its technical characteristics with an increase in the concentration of components included in the composition. It was found that the introduction of the above components into the bitumen contributes to an increase in the softening temperature to 65°C, the depth of the needle immersion is reduced to 25-30 mm⁻¹.

Ключевые слова: композиция, госсипол, полимер, битум, уротропин, свойства, состав, гудрон.

Keyword: composition, gossypol, polymer, bitumen, urotropin, properties, composition, tar.

Для хлопкосеющих стран, и особенно для Узбекистана, чрезвычайно важна комплексная переработка продуктов хлопководства, являющаяся основой сельскохозяйственного производства.

Приведены результаты исследований по применению госсипола и его производных в качестве термостабилизатора для повышения термостойкости полиэтилена и других полимеров.

Госсипол является химически активным продуктом, который проявляет ярко выраженные кислотные

свойства, что позволяет реагировать и как фенольное, и как альдегидное соединение. Однако одновременное присутствие –ОН и –С(О)Н-групп и их взаимное влияние несколько изменяют свойства госсипола как фенола и альдегида. Госсипол является 2,2-ди-(1,6,7-триокси-3-метил-5-изопропил-8-альдегидонафтил)ом с двумя таутомерными формами – лактольной (II) и карбонильной (III):

Рисунок 1. Таутомерные формы госсипола

Госсипол содержится в корнях (до 3,0 %) и семенах хлопчатника (до 2,9 % массы сухого обезжиренного ядра). Содержание госсипола в семенах зависит от многих факторов, в частности, от климатических условий вегетационных особенностей, минерального питания, влажности почвы, степени зрелости семян и их сортовых различий [4, 1, 3]

Из сырого хлопкового масла госсипол извлекают путем его обработки антралиновой кислотой с последующим гидролизом его из водно-ацетонового экстракта путем высаливания или другими методами.

Полученный экстракт является кристаллическим веществом лимонного цвета, хорошо растворим в большинстве органических растворителей. Растворимость его тем лучше, чем резче выражена полярность растворителя: практически нерастворим в неполяр-

ных растворителях, но растворяется в метиловом, бутиловом и изопропиловом спиртах, диэтиленгликоле, ацетоне, феноле, пиридине и нагретом растительном масле. При перекристаллизации из разных растворителей получают различные полиморфные модификации с температурой плавления 457, 472, и 478 К.

Госсипол в качестве антиоксиданта применяется при окислении различных полимеров, является более перспективным продуктом. В первую очередь это связано с огромной возобновляемой сырьевой базой для его получения. Для детальной оценки реакционной способности каждой из пронумерованных гидроксильных групп был получен ряд производных метиловых эфиров госсипола.

Рисунок 3. Поликонденсация госсипола

Из результатов эксперимента было установлено, что их концентрация играет важную роль при применении ингредиентов, используемых в модификации шкалы госсипол, в том числе гашеной извести, ГМТА (гексаметиленetetрамин) и гидролизного лигнина.

Исходя из результатов проведенного эксперимента, стоит предположить, что при модификации шкалы госсипола желательно принимать концентрацию ГМТА как 3–4 % и лигнина как 15–20 % от оптимальной концентрации.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика битума, модифицированного гудроном госсипола

Показатели	Состав				
	Битум, 100 массовая доля	Госсиполовая смола, 50/50	Госсиполовая смола, 100 массовая доля + гидролизанный лигнин 15–20 массовая доля	Госсиполовая смола, 100 массовая доля + уротропин 3–4 массовая доля	Госсиполовая смола, 100 массовая доля + уротропин 15–20 массовая доля
Температура смягчения, °С	43	20	65	62	45
25 °С протяжение, см	73	100	47	40	58
Прочность сцепления с бетоном, МПа	0,02	0,01	0,28	0,3	0,12
25 °С глубина погружения иглы мм ⁻¹	70	90	30	25	50

Как видно из приведенной таблицы, физико-механические характеристики битума улучшаются

при использовании модификации шкалы госсипола, входящего в состав битума.

Список литературы:

1. Информационно-аналитическое обеспечение научных исследований по проблемам химической безопасности / В.А. Иванченко, В.М. Зацепин, И.В. Иванченко [и др.] // Химическая и биологическая безопасность. – 2008. – № 5–6. – С. 24–35.
2. Кочнев А.М. Модификация полимеров. – Казань : КГТУ, 2002. – С. 379.
3. Хаитбаев А.Х. Синтез и биологическая активность некоторых алифатических производных госсипола // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. – 2015. – № 7 (15).
4. The structure and physicochemical properties of gossypol and its imine derivatives / N.S. Ilkevych, B. Brzezinski, G. Schroeder, V.I. Rybachenko [et al] // Functionalized molecules – synthesis, properties and application. Edited by V.I. Rybachenko. – Donetsk, 2010. – P. 9–43.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАЗРУШЕНИЕ МЕСТНЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Сатторов Мирвохид Олимович

*старший преподаватель, Бухарский инженерно-технологический институт,
ПУз, г.Бухара
E-mail: mirvohid_84@mail.ru*

Ямалетдинова Айгуль Ахмадовна

*преподаватель, Бухарский инженерно-технологический институт,
ПУз, г.Бухара
E-mail: yamaletdinovaaygul86@mail.ru*

Бакиева Шахноза Комиловна

*преподаватель, Бухарский инженерно-технологический институт,
ПУз, г.Бухара
E-mail: bokiyevashk86@mail.ru*

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF DEMULSIFIERS USED IN THE DESTRUCTION OF LOCAL WATER-OIL EMULSIONS

Mirvohid O. Sattorov

*senior teacher, Bukhara engineering-technological institute,
RUz, Bukhara*

Aygul A. Yamaletdinova

*teacher, Bukhara engineering-technological institute,
RUz, Bukhara*

Shaxnoza K. Bokiyeva

*teacher, Bukhara engineering-technological institute,
RUz, Bukhara*

АННОТАЦИЯ

В этой статье были изучены деэмульгаторы, применяемые для разрушения нефтяных эмульсий наших местных месторождений, сравнивая их эффективность. При этом было проанализировано влияние деэмульгатора и количество воды, выделенной из нефти, с использованием методов осаждения и центрифуги. Также было изучено положительное влияние повышения температуры на эффективность деэмульгатора, сравниваются оптимальные значения для деэмульгаторов, применяемых сегодня.

ABSTRACT

In this article, demulsifiers used to break down the oil emulsions of our local fields were studied, comparing their effectiveness. The effect of the demulsifier and the amount of water extracted from the oil were analyzed using deposition and centrifuge methods. The positive effect of temperature increase on the efficiency of the demulsifier was also studied, the optimal values for demulsifiers used today are compared.

Ключевые слова: эмульсия нефти, эмульгатор, поверхностно-активное вещество, углеводород, деэмульгатор, ингибитор, дисперсия, осадок, соль, реагент.

Keywords: oil emulsion, emulsifier, surfactant, hydrocarbon, demulsifier, inhibitor, dispersion, precipitate, salt, reagent.

Известно, что деэмульгаторы входят в число реагентов, применяемых для приведения нефти в товарное состояние, в основном импортирующихся из-за границы. Это, в свою очередь, увеличивает расходы на подготовку нефти. До сих пор актуальными оста-

ются вопросы по определению и применению эффективного деэмульгатора, а также по определению его альтернативы или сокращению его расхода. Ряд ученых нашей республики совместно с производственными предприятиями проводят в этом направлении ряд работ.

В установке подготовки нефти (УПН) Кокдумалакского месторождения при Мубарекском нефтегазодобывающем управлении поступают продукты из 6 сборных пунктов по подземным стальным трубам различного диаметра. Нефть через эти трубы поступает в блок УПН.

Технологическая схема блока встроена в основной блок, который подключен к внутренней трубе с устройством дозирования ингибитора соли Д-1 и устройствам, дозирующим деэмульгатор Д-2.

В качестве несоленого ингибитора используется ингибитор "СНПХ-5312S". В качестве деэмульгатора в настоящее время используется деэмульгатор К-1, приобретенный из Китая.

Сырье, поступающее из сборной сети, поступает в входную сеть через входные трубы и смешивается с дозируемыми ингибиторами и деэмульгаторами в блок входной сети и отправляется на две линии, применяемые в технологической системе, и на сепараторы по 2 в каждой линии. Два сепаратора, расположенные в одной линии, соединены последовательно, и газифицированная и частично обезвоженная нефть, выходящая из второго сепаратора, переходит в сепаратор С-14, расположенный на последнем этапе 14 м высоте, а затем через трубы передается в технологические резервуары резервуарного парка.

Нефть, добываемая из скважин, образует эмульсию "вода в нефти" при совместном движении с пластовыми водами через сборные коллекторы и сепараторы. Средний уровень обводненности продукта,

поступающего из скважин месторождения, составляет около 35% [1, с.188].

Описание деэмульгатора и ингибитора, вводимого в УПН в условиях месторождения, приведено ниже в таблицах 1 и 2.

Расход деэмульгатора Диссольван 3349 составляет 38-42 г/т, расход деэмульгатора К-1-42-45 г/т, расход ингибитора SP2882-38 г/т.

При подготовке нефти в условиях месторождения используется несколько видов Диссольванов. Все они являются высокомолекулярными поверхностно-активными веществами, молекулярная масса которых составляет 2500-3500 г/моль, полиэтиленгликоля. Они хорошо растворимы в воде, но не подвержены воздействию солей.

Количество воды в составе сырья Кокдумалакского месторождения соответственно количеству солей, содержащихся в ней, из года в год увеличивается. Поэтому в настоящее время вышеупомянутая норма Диссольвана и более не могут обеспечить достаточную эффективность разделения водонефтяной эмульсии.

В последние годы применяются методы для приведения в среду деэмульгатора К-1. Этот вид деэмульгатора поглощает в нефти вместе с разделением водной эмульсии и соляные соединения, содержащиеся в воде, с выделением водной эмульсии [2, с.27].

Таблица 1.

Характеристика деэмульгатора

№	Наименование	Единица измерения	Норма	Показатели
1	Диссольван 3349	г/т	38...42	Бесцветная жидкость
	-внешний вид			
	-плотность, при 20°C	г/см ³	0,944	
	-вязкость	мПа*с	62	
	-температура застывания	°C	-58	
	-температура горения	°C	11	

Таблица 2.

Характеристика ингибитора SP 2882

№	Наименование	Единица измерения	Норма	Показатели
1	SP 2882	г/т	38	Янтарный, Коричневый, Растворим в воде, с характерным запахом
	- внешний вид			
	-цвет			
	-запах	°C	19	
	-плавление			
	- температура застывания	г/см ³	1,15...1,22	
	-плотность, при 20°C			
	- вязкость	мПа*с	10	
	-среда	pH	1,4...2,10	

В летний период, при повышении температуры воздуха +30 °C деэмульгатор К-1 вводится в количестве 42-45 г/т через дозирующие устройства. Зимой ее расход достигает 180 г/т, т.к. при охлаждении воздуха эта норма недостаточна для разделения эмульсии. При этом важно снизить его

расход и повысить эффективность воздействия на среду применения.

Анализ условий производства показывает, что выделяемая нефтяная эмульсия представляет собой водяную эмульсию в нефти, а вводимый

деэмульгатор дозируется в чистом виде без какого-либо раствора.

Для повышения эффективности деэмульгатора при очистке нефти его необходимо вводить в виде нефтяных растворов. Потому что деэмульгатор в нефти образует смесь, активизируя ее для следующей среды, и воздействие на эмульсию ускоряется.

Ввод деэмульгаторов в технологические резервуары резервуарного парка УПН не налажено. Выходящая нефть из сепаратора С-104 направляется непосредственно в технологические резервуары. Для разделения эмульсии в технологических резервуарах недостаточно димульгаторов, подаваемых из блока входной сети.

Необходимо дополнительно ввести деэмульгаторы в подземные трубопроводы, выходящие из сепаратора С-104 и находящиеся до технологических резервуаров резервуарного парка в целях повышения эффективности подготовки нефти, усиления влияния деэмульгаторов и повышения эффективности внутритрубной деэмульсации.

Введение небольшого количества деэмульгаторов между сепаратором и технологическим резервуаром, повышается эффективность разрушения ранее добавленных деэмульгаторов, что предотвращает образование устойчивых эмульсий и отделяет получаемый продукт от водного слоя, не превышающего требуемого содержания в товарной нефти. Расход деэмульгатора в этом случае составляет одну треть от суммы первого ввода, то есть 14-15 г/т. Применение этого мероприятия полностью обеспечит качество разрушения эмульсии в любое время года.

При эксплуатации нефтяного месторождения начался период интенсивного поступления в УПН пластовых вод вместе с нефтью. В этом случае образуется нефтяная эмульсия, которая обычно нерастворима и находится в мелкодисперсном состоянии, состоящая из механической нефтяной смеси и минерализованных пластовых вод.

Возникновение и прочность нефтяной эмульсии в основном определяются скоростью движения нефте-водяной смеси, соотношением фаз, физико-химическими свойствами этих фаз и температурным режимом.

Для разрушения нефтяной эмульсии типа “вода в нефти” в УПН применяется ПАВ - деэмульгатор. Он подается через блок дозирования в нестабильный нефтяной поток блок входящей сети[3, с.31].

Основная задача деэмульгаторов - вытеснять эмульгаторы-стабилизаторы, которые находятся в верхнем слое капель воды, в нефти (асфальтены, нафтены, парафины и механические примеси) и в воде (соли, кислоты и другие виды жидкостей).

После того, как из верхнего слоя капля воды вытесняется естественные эмульгирующие вещества, образующие верхний слой эмульсий, деэмульгатор образует гидрофильный адсорбционный слой. В результате соединяются при столкновении капли воды, образуются крупные капли и оседает.

Чем эффективнее деэмульгатор, тем больше он уменьшает прочность и ускоряет разрушения эмульсии.

В процессе подготовки нефти главную роль играют химические реагенты. В зависимости от типа эмульсий в процессе подготовки нефти любых месторождений для разрушения нефтяных эмульсий используют только деэмульгаторы.

Процесс разрушения эмульсий, образующихся при добыче нефти, выполняется при следующих этапах(рис. 1):

Шаг 1: взаимное столкновение диспергированных частиц;

Шаг 2: слияние частиц и образование крупных глобул;

Шаг 3: взаимное соединение крупных частиц и образование отдельных нефтяных и водных слоев.

Рисунок 1. Этапы процесса разрушения нефтяной эмульсии

Применение деэмульгаторов в качестве химических реагентов в основном направлено на воздействие на второй основной этап. В этом случае проявляются свойства поверхностно-активных веществ. Деэмульгаторы всех видов являются поверхностно-активными веществами (ПАВ) и имеют молекулярную асимметричную структуру, состоящую из одной или нескольких гидрофильных групп и гидрофобных радикалов[4, с.62].

Такая структура молекул обеспечивает поверхностную активность веществ, то есть, перемещаясь на поверхность разделения фаз, переходит в поляризованную водную фазу, в то время как поляризованная цепь олефила переходит в низкополярную фазу, то есть в нефть. В результате адсорбции ПАВ на поверхности разделения фаз происходит переход к гидрофильному слою, если дисперсная фаза-это вода, гидрофобная защитная фаза или дисперсная фаза-это нефть, и эмульсия стабилизируется. Основная характеристика ПАВ заключается в том, что адсорбционная способность зависит от силы тяжести между фазами и концентрации ПАВ. Система, состоящая из двух отдельных веществ и одного ПАВ, всегда является основным фактором эмульсии[5, с.122].

Наличие солей, соединяемых с нефтесодержащими водами, требует проведения дополнительных работ по обессоливанию.

Процессы образования водонефтяной эмульсии добываемого из скважин нефтяного сырья в основном наблюдаются в плунжерах штанговых насосов, в результате чего происходит удар продукта по стенкам труб и привод продукта к сепараторам с помощью насосов. Подготовка нефти осуществляется в технологическом резервуаре резервуарного парка.

Для обезвоживания нефти в УПН Кокдумалакского месторождения, используются деэмульгаторы Диссольван 3359 и К-1. В условиях

добычи нефти показатели их эффективности составляют соответственно, 87,9% и 88,78%. Кроме того, с целью выделения основных солей хлорида, содержащихся в продукте, используются несоленые ингибиторы марки SP2882, солевые химические реагенты. Для предотвращения образования отложений неорганических солей в технологическом оборудовании и коммуникациях в составе сточных вод применяется ингибитор “DONOKS SKAL-3” [3,4,5]. Эффективность деэмульгаторов определяется путем сравнения количества отделенной и остаточной воды с течением времени при добавлении заданного количества в образец нефти (Рис.2).

Рисунок 2. Схема определения эффективности деэмульгаторов

Все химические реагенты, применяемые в условиях добычи, в основном приобретаются из-за рубежа, а плановая обработка прерывается из-за плохого снабжения. Это влияет на качество нефти и ее состав, а также на производительность применяемого технологического оборудования [9, с.71].

Ученые Института общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан С.С.Хамраев, А.А.Алимов, и другие разработали

деэмульгатор синтезированный местным сырьем и вторичными продуктами, в частности спиртосодержащими остатками (Юсуповым и др.), называются ПБА-1. При тестировании в лабораторных условиях в зависимости от содержания в сырье месторождения и свойств разрушения образующихся эмульсий деэмульгаторы этого типа показали, что их показатели эффективности ниже, чем у деэмульгаторов, ввозимых из-за рубежа (Таблица 3).

Таблица 3.

Показатели эффективности деэмульгаторов

№	Тип деэмульгатора	Концентрация, г/т	Эффективность, %
1	Диссольван 3359 (Россия)	25	84,5
		50	88,6
2	К-1 (Китай)	25	86,4
		50	88,9
3	Аквапох (США)	25	85,9
		50	86,4
4	ПБА-1 (Узбекистан)	25	87,2
		50	88,5

В образцах нефтяного сырья, полученных из скважины №33 месторождения Кокдумалак, были

изучены характеристики разрушения эмульсии “вода в нефти” при температурах 25°C, 40°C и 50° С

деэмульгатора марок “Dicleave V1722” (производство в США, плотность 0,897 г/см³) и СНПХ4410 (производство в России, плотность 0,955

г/см³). Результаты испытаний приведены ниже в таблицах [4, с.55].

Таблица 4.

Результаты испытания деэмульгаторов (скважина №33, температура - 25°C)

Тип деэмульгатора	Время анализа					В центрифуге	Примечание
	20 мин	40 мин	60 мин	80 мин	110 мин		
Dicleave V1722	0	0	0	0	0	19% вода	Сухая эмульсия
СНПХ 4410	0	0	0	10	10	14% вода	10% вода в центре

Таблица 5.

Результаты испытания деэмульгаторов (скважина №33, температура - 40°C)

Тип деэмульгатора	Время анализа					В центрифуге	Примечание
	20 мин	40 мин	60 мин	80 мин	110 мин		
Dicleave V1722	0	0	0	0	0	21% вода	Сухая эмульсия
СНПХ 4410	0	0	5	12	12	17% вода	10% вода в центре

Таблица 6.

Результаты испытания деэмульгаторов (скважина №33, температура - 50°C)

Тип деэмульгатора	Время анализа									
	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин	60 мин	80 мин	100 мин	120 мин	140 мин	170 мин
Dicleave V1722	19	42	44	47	55	63,5	64	65	65	65
СНПХ 4410	32	40	42	44	52	59	60,5	62	62,5	63

Рисунок 3. Зависимость степени обезвоживания нефти от времени отстаивания в различных деэмульгаторах

Также в образцах нефтяных эмульсий, полученных из 2-го сборного пункта (СП) месторождения Кокдумалак, были изучены

характеристики разрушения эмульсии “вода в нефти” при температурах 25°C и 30°C деэмульгатор марок “Dicleave V1722” и СНПХ4410.

Таблица 7.

Результаты испытания деэмульгаторов (СП-2, температура - 25°C)

Тип деэмульгатора	Время анализа						После 3 минуты в центрифуге
	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин	50 мин	60 мин	
Dicleave V1722	0	0	0	0	2	4	вода 25%, эмульсия 5%
СНПХ 4410	0,4	0,6	0,7	2,1	2,1	4,5	вода 24%, эмульсия 6%

Таблица 8.

Результаты испытания деэмульгаторов (СП-2, температура - 30°C)

Тип деэмульгатора	Время анализа						После 3 минуты в центрифуге
	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин	50 мин	60 мин	
Dicleave V1722	0	0	0,5	1,8	6	6	вода 26,6%, эмульсия 3,5%
СНПХ 4410	0,5	0,6	0,7	1,1	8	8,1	вода 26,2%, эмульсия 3,8%

Также в нормальных условиях в скважине №33 месторождения Кокдумалак деэмульгатор Dicleave V1722 создает густую эмульсию, при которой невозможно определить ее плотность с помощью ареометра. Цвет эмульсии коричневый, даже при погружении в течение 10 часов не наблюдалось выделения воды[2, с.26].

При применении деэмульгатора СНПХ 4410 наблюдается 10% выделение воды между цилиндром.

В результате полученных лабораторных испытаний в системе добычи месторождения Кокдумалак имеются возможности применения деэмульгатора ПБА-1, изготовленного из местного сырья.

Также желательно, чтобы деэмульгатор Dicleave V1722 использовался в летние месяцы, а деэмульгатор СНПХ4410-в зимние месяцы[6, с.261].

Известно, что при подготовке нефти разделения воды в эмульсии, происходит при температурах 70-90°C, а процесс отстаивания-при температурах 50-

55°C. Поэтому в этих температурных диапазонах расход ингибитора в количестве 4 г/м³ обеспечивает достаточные показатели защиты.

А для количества воды и солей, выделяемых из товарной нефти, ингибитор может быть меньше, чем приведенные затраты[10, с.33].

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что полученная композиция в процессе подготовки нефти в условиях месторождения уменьшает воздействие коррозионно-агрессивных сред на металлическую поверхность, а также уменьшает образование соляных отложений и продлевает время образования отложений. Благодаря этому различные солевые отложения, содержащиеся в нефти, позволяют отстаиванию их в товарных резервуарах. В процессе подготовки нефти к переработке, уменьшая содержание в ней пластовых вод и солей, предотвращает образование осадка на поверхности оборудования.

Список литературы:

1. Н.Н. Махмудов, Р.У. Шафиев, Т.Р. Юлдашев, М.А. Турсунов. Технология сбора и подготовки нефти, газа и воды на промыслах. Учебник. Т.: ТашГТУ, 2015. - 317 стр.
2. Юсупов Д., Каримов А.У. Состояние и перспектива производства и применение ингибиторов коррозии в Республике. //Standart,2005, № 3, -с.35.
3. Сахабутдинов Р.З., Губайдулин Ф.Р., Хамидуллин Р.Ф. Методики испытаний деэмульгаторов для промышленной подготовки нефти: метод.указания. Казань: Казан. гос. технолог. ун-т, 2009. 35 с.
4. СТ-07.1-00-00-02 «Порядок проведения лабораторных и опытно-промышленных испытаний химических реагентов для применения в процессах добычи и подготовки нефти и газа» / ОАО АНК «Башнефть»; утв. 13.02.2013 № 53р. 2013. 83 с.
5. Ибрагимов Г.З., Сорокин В.А., Хисамутдинов Н.И. Химические реагенты для добычи нефти. Справочник рабочего. — М.: Недра, 1986. 240 с.
6. Сатторов М.О. Определение состава компонентов полимеров-деэмульгаторов разложения водонефтяных эмульсий. Международный научно-практический журнал «Теория и практика современной науки». 03(45), 2019 г.С.260-262

7. Сатторов М.О., Шабонов М.Б. Влияние жидкостей глушения на эффективность ингибиторов коррозии и биоцидов. Научно-теоретический журнал “Вопросы науки и образования”. Москва. февраль, 2018. №2(14), С. 20-21.
8. Сатторов М.О. Образование устойчивых водонефтяных эмульсий местных нефтей. Журнал “Научный аспект”. г. Самара. ООО “Аспект”. 2016. № 4, С.175-177
9. Сатторов М.О., Сойилов С.А. Подготовка продукции скважин на Бухара-Хивинский месторождениях в период падающей добычи. Научно-методический журнал “Наука, техника и образование”. №2(20). Москва. 2016. С.70-72.
10. Сатторов М.О., Нуруллаева З.В., Бакиева Ш.К. Подготовка нефти для защиты оборудования от коррозий. Научно-теоретический журнал “Наука и образование сегодня”. №2(3). Москва. 2016. С.33-34

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МОКРЫМ СПОСОБОМ

Эргашев Насимбек Ахмаджонович

исследователь, Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан

E-mail: isomiddinov1985@mail.ru

RESEARCH OF HYDRAULIC RESISTANCE OF THE DUST FIGHTING DEVICE WITH A WET METHOD

Nasimbek Ergashev

researcher, "Fergana polytechnic institute"
Republic of Uzbekistan

АННОТАЦИЯ

В статье представлены теоретические исследования, проведенные по определению общего гидравлического сопротивления устройства, работающего в режиме завихренного потока контактного элемента, пылеулавливающего устройства, работающего мокрым способом. Для теоретического анализа разработана расчетная схема устройства. На отрезке трубы расчетной схемы приведены уравнения гидравлического сопротивления, влияющие на поток пылевого газа и воздействия на жидкость по поперечному сечению.

ABSTRACT

The article presents a theoretical study on the determination of the total hydraulic resistance of a device operating in a circular flow with a contact element that generates a heap for cleaning dust air. For theoretical calculations, a device scheme of computing was developed. The equations of hydraulic resistance affecting the flow of powdered gas through the pipe section of the calculation scheme and the fluid in the transverse section are presented.

Ключевые слова: мокрый способ, закруженный поток, завихритель, контактный элемент, пылевой газ, поверхность натяжение, ядовитый газ, воздушный поток, поток газа, скорость газа.

Keywords: fluid flow, wet method, contact element, dust gas, surface scalingtension, toxic gas, angle of attack, air flow, gas flow, gas velocity.

Введение

Для правильного осуществления технологических процессов на промышленных предприятиях необходима очистка промышленных газов и воздуха от пыли. Смесители, диспергаторы, большинство устройств массообмена не могут хорошо работать без эффективных схем очистки газа и пыли [3, 1, 7]. В настоящее время при очистке порошкообразных газовых смесей используются следующие методы.

1. Осаждение под действием силы тяжести.
2. Осаждение под воздействием центробежной силы.
3. Осаждение в электрическом и других силовых полях.
4. Фильтрация.
5. Очистка газов мокрым способом.

При анализе этих методов наиболее эффективной является мокрая очистка, в настоящее время в отрасли наблюдается тенденция к широкому использованию этого метода, и многие научно-исследовательские работы ведутся в этой области [8, 5].

Например, при использовании таких устройств пылевой поток находится в контакте с каплями или пленкой. По свойству гидрофильности порошок прилипает к поверхности жидкости и вместе с ней выводится из устройства. Он также способен очищать очень мелкие частицы (до 0,1 мкм) и давать высокую степень очистки (до 99 %). Но образование жидкого шлама при использовании таких устройств и расход дополнительной энергии на его очистку требуют проведения научно-исследовательских работ в этой области.

Основная тенденция, выдвинутая при создании устройств для очистки пылевых газов при мокром способе, заключается в повышении эффективности очистки пыли и газов при низких расходах жидкости. Это, в свою очередь, позволит сократить энергопотребление.

На основании вышеизложенного, многочисленных исследований конструкций аппаратов очистки и нейтрализации пылевых газов и их достижений и недостатков, на основе анализа разработана конструктивная схема устройства,

создающего непрерывный поток закрученного контактного элемента (рис. 1) [2].

Рисунок 1. Схема мокрого пылеулавливающего аппарата:

1 – вентилятор; 2 – электромотор; 3 – металлическая труба; 4, 10, 19 – фланцы; 5 – устройство для загрузки пыли; 6 – питатель; 7, 18 – трубка Прандля; 8 – патрубок для впуска пылегазового газа; 9 – шибер; 11 – насос; 12 – вентиль; 13 – ротаметр; 14 – труба для передачи воды; 15 – контактный элемент, закручивающий поток газа (завихритель); 16 – штуцер жидкости; 17 – водоотталкиватель; 20 – анемометр; 21 – ЛАТР; 22 – тахометр

Объект и метод исследования

С целью изучения влияния повышенного гидравлического сопротивления устройства на

эффективность очистки и энергопотребление теоретически изучена его гидродинамика. На рисунке 2 представлена расчетная схема устройства.

Рисунок 2. Расчетная схема вихревого контактного элемента, работающая в завихренном режиме, мокрого пылеулавливающего устройства

Определение общих гидравлических сопротивлений, влияющих на запыленные газы в мокром пылеуловителе с завихрительным контактным

элементом, можно осуществлять при помощи приведенных уравнений в источниках [4, 6] и по расчетной схеме аппарата:

$$\Delta P = P_1 + P_2, \text{ Па}, \quad (1)$$

где ΔP – общее гидравлическое сопротивление установки, Па;

P_1 – гидравлическое сопротивление при входе запыленных газов в аппарат и до завихрительного контактного элемента.

P_1 можно определить по следующей формуле:

$$P_1 = \xi_1 \frac{v_1^2 \rho_{ap}}{2}, \text{ Па}, \quad (2)$$

где v_1 – потерянная скорость газа при входе в аппарат и до завихрительного контактного элемента;

ξ_1 – местное гидравлическое сопротивление газа при входе в аппарат и до завихрительного контактного элемента.

$$\xi_1 = \lambda \frac{l}{d_s}, \quad (3)$$

где l – длина трубы, м;

d_s – эквивалентный диаметр трубы, м;

λ – коэффициент Дарси.

В рекомендуемой установке проведен анализ по закону Дарси. Например, для определения λ использовано уравнение Блазиуса, Конакова и Прандтля.

Уравнение Блазиуса:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt[4]{100 \text{ Re}}} = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}. \quad (4)$$

Оно хорошо вписывается в эксперименты, когда число Рейнольдса в уравнении $\text{Re} < 10$. Р для больших диапазонов числа Рейнольдса (составляет до $3 \cdot 10^5 \text{ Re}$). К. уравнение Конакова может быть использовано:

$$\lambda = \frac{1}{(1,81_s \text{ Re} - 1,5)^2}. \quad (5)$$

Л. Прандтль пришел к следующему уравнению:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(\text{Re} \sqrt{\lambda - 0,8}). \quad (6)$$

Выше указанные формулы не рекомендуются для шероховатых труб. На основе опытов Колбрук предложил общее уравнение для расчета технических труб:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,5}{\text{Re}} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3,7} \right). \quad (7)$$

Из уравнения (7) можно написать уравнение

$$\text{Прандтля в следующем виде: } \lambda = \frac{0,25}{\left(\lg \frac{\varepsilon}{3,7} \right)^2}. \quad (8)$$

Для зоны квадратного сопротивления наиболее распространенным является уравнение Никурадзе:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \lg \frac{1}{\varepsilon} \right)^2}. \quad (9)$$

Наиболее эффективное уравнение предложил А.Д. Алтшулом для широких диапазонов:

$$\lambda = 0,11 \left(\varepsilon + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}. \quad (10)$$

1. При $\text{Re} < \frac{10}{\varepsilon}$, расчет можно осуществлять с уравнением Блазиуса:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}. \quad (11)$$

2. $< \text{Re} < \text{да } \lambda$ влияет на Re и ε , соответствует сфере турбулентности, в этом случае (10) не упрощается.

3. $\text{Re} >$ существует квадратичная область сопротивления, (10) близким к уравнению Шифрсона становится следующее уравнение:

$$\lambda = 0,11 \varepsilon^{0,25}. \quad (12)$$

Значения λ , рассчитанные по этой формуле, близки к значениям, рассчитанным по формуле Никурадзе.

(2) в уравнении ξ_1 – если подставить в уравнение коэффициент сопротивления (3), то уравнение будет выглядеть так:

$$P_1 = \lambda \frac{l}{d_s} \cdot \frac{\rho_{ap}^2}{2}, \text{ Па}. \quad (13)$$

P_2 – гидравлическое сопротивление на контактном завихрительном элементе аппарата определяется по следующей формуле:

$$P_2 = \xi_2 \frac{\rho_{ap}^2}{2}, \text{ Па}, \quad (14)$$

где ρ_2 – потери скорости газа за счет сопротивления контактного завихрительного элемента, м/с;

ξ_2 – коэффициент гидравлического сопротивления контактного завихрительного элемента, определяется опытным путем;

ρ_{ap} – плотность смеси пыли и газа, которая определяется следующим уравнением:

$$\rho_{ap} = \rho_c + (\rho_u \cdot \gamma), \text{ кг/м}^3, \quad (13)$$

где ρ – плотность пыли, кг/м³;

ρ_c – плотность воздуха, кг/м³;

γ – количество пыли, содержащейся в воздухе, %.

Вводя в уравнение (1) уравнения 11 и 12, получаем уравнение для определения общего гидравлического сопротивления:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d_s} \cdot \frac{\rho_{ap}^2}{2} + \xi_2 \frac{\rho_{ap}^2}{2} = \frac{\rho_{ap}}{2} \left(\lambda \frac{\rho_{ap}^2 l}{d_s} + \xi_2 \rho_{ap}^2 \right), \text{ Па.} \quad (14)$$

С помощью полученного уравнения (14) можно определить полное гидравлическое сопротивление:

$$\Delta P = \frac{\rho_{ap}}{2} \left(\frac{0,316 \rho_{ap}^2 l}{d_s^4 \sqrt{\text{Re}}} + \Delta k \frac{4\pi R^2}{nab \sin \beta} \rho_{ap}^2 \right), \text{ Па.} \quad (15)$$

Общее гидравлическое сопротивление, влияющее на жидкость в сечении Б-Б аппарата, может записываться в следующем виде:

$$\Delta P_{\text{сум}} = P_k + P_{\text{ш}}, \text{ Па,} \quad (16)$$

где P_k – геометрическое давление в трубе, где движется жидкость, определяется следующим уравнением:

$$P_k = \rho g H, \text{ Па,} \quad (17)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – высота уровней жидкости, м.

$P_{\text{ш}}$ – плотность жидкости, потерянной через отверстие, которое определяется уравнением Дарси – Вейсбаха:

$$P_{\text{ш}} = \zeta_{\text{ш}} \frac{\rho_c^2 \cdot \rho_c}{2}, \text{ Па,} \quad (18)$$

где ρ_c – скорость течения жидкости через отверстия; м/с;

$\zeta_{\text{ш}}$ – коэффициент сопротивления при течении жидкости через отверстия, зависит от толщины отверстия штуцера и диаметра $d_{\text{ш}}$ штуцера.

В таком случае для определения скорости жидкости, протекающей через отверстие аппарата, применяем уравнение Бернулли и предполагаем, что давление в трубе P_k и давление в отверстии пробки равны. Без него уравнение (15) может быть записано следующим образом:

$$\rho_c g H = \zeta_{\text{ш}} \frac{\rho_c^2 \cdot \rho_c}{2}, \text{ Па.} \quad (19)$$

Из полученного уравнения (18) определим скорость движения жидкости:

$$\rho_c = \sqrt{\frac{2(\rho_c g H)}{\rho_c \zeta}} = \sqrt{\frac{2gH}{\zeta}}, \text{ м/с.} \quad (20)$$

Из (19) уравнения можно определить расход жидкости, протекающей через шунтирующее отверстие устройства:

$$Q_c = 3600 \pi R^2 \rho_c, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (21)$$

Список литературы:

1. Алиев Г.М. Технические пылеулавливания и очистки промышленных газов. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Алиматов Б.А., Эргашев Н.А., Каримов И.Т. Контактный элемент в аппарате пылеудаления, работающий в вихре-спутниковом режиме // ФерПИ, научно-технический вестник. – 2019. – № 2. – 152 с.
3. Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. – М. : Дрофа, 2008. – 239 с.
4. Латипов К.Ш. Гидравлика, гидромашины, гидроход. – Ташкент : Укитувчи, 1992. – 375с.
5. Плотников К.Т. Исследование эффективности пылеулавливания и массоотдачи в роторном аппарате с внутренней циркуляцией жидкости : дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2014. – 150 с.
6. Салимов З. Основные процессы и устройства химической технологии : учеб. пособие для студентов высшего учебного заведения. Т. 1. – Ташкент : Узбекистан, 1994. – 366 с.
7. Сугак Е.В. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами / Е.В. Сугак, Н.А. Войнов, И.А. Николаев. – Казань : Риц и Школа, 1999. – 224 с.
8. Усманова Р.Р. Повышение эффективности газоочистки в инерционном аппарате с активной гидродинамикой : дис. ... д-ра техн. наук. – Уфа, 2017. – 179 с.

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА И РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕПАРАТА «АЛЬПЕК» В ФОРМЕ ТАБЛЕТОК

Абдуразаков Аскар Шералиевич

канд. хим. наук, старший научный сотрудник, Институт химии растительных веществ Академии наук,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: asqar2606@mail.ru

Азизова Матлуба Абдухаликовна

мл. науч. сотр., Институт химии растительных веществ Академии наук,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Хван Алла Михайловна

канд. хим. наук, старший научный сотрудник, Институт химии растительных веществ Академии наук,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Зухурова Гулнора Васитовна

канд. хим. наук, старший научный сотрудник, Институт химии растительных веществ Академии наук,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Сагдуллаев Шамансур Шахсаидович

д-р техн. наук, проф., завед. отделом технологии, Институт химии растительных веществ Академии наук,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

THE DEVELOPMENT OF AN OPTIMAL COMPOSITION AND A RATIONAL TECHNOLOGY OF “ALPEK” MEDICINE IN THE FORM OF TABLETS

Askar Abdurazakov

Candidate of Chemical Sciences, Senior Research Scientist, the Institute of the Chemistry
of Plant Substances of the Academy of Sciences,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Matluba Azizova

Junior Research Scientist, the Institute of the Chemistry of Plant Substances of the Academy of Sciences,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Alla Hvan

Candidate of Chemical Sciences, Senior Research Scientist, the Institute of the Chemistry
of Plant Substances of the Academy of Sciences,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Gulnora Zuhurova

Candidate of Chemical Sciences, Senior Research Scientist, the Institute of the Chemistry
of Plant Substances of the Academy of Sciences,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Shamansur Sagdullayev

Doctor of Technical Science, Professor, Head of Technology Department,
the Institute of the Chemistry of Plant Substances of the Academy of Sciences,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Разработана технология получения таблеток «Альпек». Изучено влияние состава наполнителей на физико-химические и технологические характеристики таблеток. Показано, что введение вспомогательных веществ сахарозы, глюкозы, мальтодекстрина, лактозы, МКЦ «Интроцелл», кальций карбоната, двузамещенного кальций

фосфата и кальций стеарата способствует повышению пластических свойств смеси, увеличению сыпучести, повышению прочности таблеток, улучшению внешнего вида, органолептических свойств при неизменном уровне распадаемости и стабильности при хранении. Установлен оптимальный состав таблеток «Альпек».

ABSTRACT

The Alpec tablet technology has been developed. The effect of the composition of the fillers on the physicochemical and technological characteristics of the tablets was studied. It was shown that the introduction of the excipient sucrose, glucose, maltodextrin, lactose, MCC "Introcell", calcium carbonate, disubstituted calcium phosphate and calcium stearate promotes to increase the plastic properties of the mixture, flowability and tablet strength, improves appearance and organoleptic properties without changing level of disintegration and storage stability. The optimal composition of the Alpec tablet has been established.

Ключевые слова: субстанция, фармакология, технология, таблетка, антигельминт.

Keywords: substance, pharmacology, technology, tablet, anthelmintic.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ассортимент противопаразитарных препаратов, в том числе антигельминтиков, постоянно пополняется. Основным мотивом для создания новых лекарственных средств является получение препаратов, характеризующихся высокой стабильностью, широким спектром противопаразитарной активности на фоне слабовыраженных побочных явлений, экологической безопасностью и т.д.

Препарат «Альбендазол» плохо растворим в воде, соответственно, плохо абсорбируется из желудочно-кишечного тракта, т.е. биодоступность у «Альбендазола» низкая [1].

Использование лекарственных соединений в сочетании с водорастворимыми полимерами [3, 9] в большинстве случаев позволяет придавать им контролируемое действие, уменьшать токсичность, увеличивать устойчивость к действию различных ферментов и другие ценные свойства. Эти эффекты, достигаемые с помощью полимеров, значительно зависят от природы используемого полимера и от типа связи между макромолекулами полимеров и лекарственными молекулами, а также от конформационных и гидродинамических особенностей макромолекул [7].

Нами на основе препарата «Альбендазол» и природного полимера пектин была создана полимерная форма альбендазола – альпек, изучена биологическая активность препарата на животных (крысы, бараны), зараженных эхинококкозом. Результаты испытаний показали, что «Альпек» вызывал радикальное излечение поздней стадии ларвального эхинококкоза у животных. Выявлена высокая антипаразитарная (более выраженная антинемотодозная, чем антилямблиозная) активность альпека в сравнении с альбендазолом, что, видимо, объясняется увеличением растворимости альбендазола при его связывании с пектином и, как следствие, увеличением биодоступности препарата [6].

Ранее нами была разработана технология получения препарата «Альпек» в гелевой форме [10].

Технология получения субстанции альпека освоена на пилотной установке в лаборатории технологии синтетических препаратов Института химии растительных веществ АН РУз [6, 10].

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧА ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка новых высокоэффективных экологически безопасных лекарственных форм препаратов предусматривает реализацию следующих основных положений: использование в качестве действующего вещества соединений с высокой противопаразитарной активностью; конструирование препаратов на основе отечественной сырьевой базы; конкурентоспособность новых лекарственных форм препаратов с лучшими аналогами зарубежных фирм.

В данной работе поставлена задача разработки состава и технологии прессования с целью получения препарата «Альпек» в виде таблеточной лекарственной формы.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Фракционный состав определяли с помощью сит с соответствующими диаметрами отверстий. Определение насыпной плотности порошка проводили с использованием матрицы диаметром 25 мм и высотой 22,3 мм вместо мерного цилиндра.

По показателям насыпной массы и плотности рассчитывали относительную плотность (τ) в процентах по формуле:

$$\tau = \frac{\rho_n \cdot 100}{\rho},$$

где ρ_n – насыпная масса (в кг/м³);

ρ – плотность (в кг/м³).

Плотность (истинная) является физико-химическим свойством порошкообразных ЛП, под которой понимается отношение массы препарата к его объему при нулевой пористости порошка.

Сыпучесть исследуемых материалов определяли с помощью прибора модели ВП-12А.

Для определения остаточной влажности использовали метод высушивания ИК-лучами, с применением ИК-влажнителя фирмы «Kett».

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Субстанция альпека по внешнему виду представляет собой серый аморфный порошок, является практически не сыпучим ($2,8 \cdot 10^{-3}$ кг/с), имеет малую насыпную плотность (300 кг/м³).

В наших исследованиях проведена работа по подбору вспомогательных веществ для таблетирования. Мы использовали такие вспомогательные вещества, как лактоза, сахароза, глюкоза, МКЦ, аэросил,

крахмал, тальк, кальций стеарат, относящиеся к группам наполнителей, разрыхлителей, сухих связывающих и антифрикционных веществ. При этом учитывали возможность регулирования адгезионных свойств прессуемой массы за счет изменения остаточной влажности перечисленных вспомогательных веществ. Для экспериментов приготовили составы с применением перечисленных выше вспомогательных веществ в различных комбинациях, различающихся между собой и по виду, и по количеству прессуемой массы для прямого прессования.

В предварительных экспериментах мы использовали 12 составов с последующим изучением технологических свойств прессуемой массы и физико-механических показателей таблеток, полученных из них. В табл. 1 представлены четыре состава таблеток «Альпек» для прямого прессования, подобранных для дальнейших исследований. При этом основывались на сравнительно положительных показателях технологических свойств прессуемых масс и физико-механических показателей таблеток.

Таблица 1.

Составы для приготовления таблеток «Альпек» методом прямого прессования

Ингредиент	Составы			
	1	2	3	4
Альпек	0,225	0,225	0,225	0,225
Лактоза	0,262	0,197	0,0873	0,222
Сахароза	–	0,03	0,0873	–
Глюкоза	–	0,03	0,0873	–
МКЦ	–	0,01	–	0,047
Крахмал	0,005	–	0,004	–
Аэросил	–	–	0,001	–
Тальк	0,003	0,003	0,003	0,001
Кальций стеарат	0,005	0,005	0,005	0,005
Средняя масса	0,5	0,5	0,5	0,5

Необходимое количество субстанции альпека и наполнителей, соответственно (табл. 1), предварительно измельчается, просеивается через сито с диаметром отверстий 160 мкм, смешивается в смесителе с последующим добавлением опудривающего кальция стеарата или смеси крахмала с кальций стеаратом [3, 9, 7]. Для прогнозирования возможности таблетирования полученных прессуемых масс на таблеточных машинах предварительно изучили их технологические свойства, результаты которых приведены в табл. 2.

Оценка технологических характеристик показала, что использование вспомогательных веществ для получения таблеток «Альпек» методом прямого

прессования значительно улучшает технологические свойства прессуемых масс по сравнению с аналогичными свойствами субстанции. При этом отмечается увеличение процентного содержания крупной фракции прессуемой массы, что отчетливо наблюдается на примере прессуемой массы, приготовленной по составам 3 и 4. Такие технологические свойства, как насыпная плотность, сыпучесть, угол естественного откоса, а также прессуемость приготовленных прессуемых масс, различаются между собой в разной степени. Исследованные свойства находятся в пределах удовлетворительных показателей и обеспечивают ритмичность работы таблеточных машин.

Таблица 2.

Технологические свойства прессуемых масс альпека, приготовленных для прямого прессования

Технологическая характеристика	Ед. изм.	Составы			
		1	2	3	4
Фракционный состав:					
+1000 мкм	%				
–1000 +500 мкм	%	7,21	5,35	6,17	7,04
–500 +250 мкм	%	38,21	39,94	45,46	43,17
–250 +135 мкм	%	54,58	54,71	48,37	49,79
Сыпучесть	10 ⁻³ ×кг/с	5,74	7,26	6,87	8,1
Прессуемость	Н	45,82	35,34	39,85	45,4
Угол естествен. откоса	Градус	37,85	34,18	29,92	32,6
Насыпная плотность	Кг/м ³	437,48	458,23	449,82	735
Коэффициент уплотнения	К	1,17	1,56	1,62	1,98
Остаточная влажность	%	4,6	2,76	2,11	3,2

В дальнейших наших работах были изучены качественные показатели таблеток «Альпек» по 0,5 г,

полученных методом прямого прессования [2]. Результаты исследования приведены на таблице 3.

Таблица 3.

Показатели таблеток «Альпек», полученных методом прямого прессования

Технологические показатели	Ед. изм.	Составы			
		1	2	3	4
Внешний вид		Таблетки от серого до коричневого цвета, формы с гладкой поверхностью, цельнокрайные			
Отношение высоты к диаметру	%	39,6	28,4	40,7	35,3
Прочность на излом	Н	28	30	35	31
Прочность на истирание	%	95,0	96,6	96,4	95,8
Распадаемость	мин	12	14	14	13
Растворение	%	80	78	85	80
Средняя масса и отклон. от нее	г %	0,398 ±5,4	0,397 ±7,3	0,407 ±6,2	0,398 ±8,4
Однородность дозирования		Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует

На основе проведенных исследований установлено, что использование для получения таблеток альпека методом прямого прессования с добавлением вспомогательных веществ в различных комбинациях значительно улучшает технологические свойства прессуемых масс и позволяет проведение нормального акта прессования. Однако при исследовании качества этих таблеток отмечены сравнительно низкие показатели прочности как на истирание, так и на излом, что ставило под сомнение возможность получения таблеток в крупносерийном производстве. Для определения скорости растворения исследуемых таблеток использовали прибор «вращающаяся корзинка» 545-АК-7 [2]. В качестве растворяющей среды использована вода очищенная. Объем среды – 500 мл, частота вращения корзинки – 200 об/мин. Содержание активного вещества, высвободившегося в среду растворения, определяли методом СФ. На основании данных табл. 3 видно, что за 30 мин в раствор переходит не менее 70% альбендазола от его содержания в таблетке.

Помимо этого, при исследованиях таблеток «Альпек» отмечено несоответствие по показателю однородности дозирования действующего вещества альпек, входящего в состав таблеток в чрезмерно малых, тысячных долях граммов. Однородность дозирования представляет собой характеристику распределения действующего вещества по единицам дозирования лекарственного средства. В процессе работы таблеточной машины из-за вибрации и колебаний прессуемая масса, находящаяся в бункере, расслаивалась. Расслоение массы происходило вследствие разности насыпной плотности ингредиентов, а также разброса частиц по размерам. Это, в свою очередь, могло привести к неравномерному дозированию действующего вещества в таблетках [9, 8].

Таким образом, в подобранных составах таблеток «Альпек» отмечена неравномерность распределения субстанции в таблетках, которая становится

особенно очевидной к концу процесса таблетирования. Среднее количественное содержание альпека в таблетках составило $0,225 \pm 0,0002$ г.

Для предупреждения возможности возникновения отдельных проблем в производственных условиях было целесообразно продолжить исследования по повышению прессуемости таблеточной массы. С целью улучшения технологических свойств таблетлируемой смеси была изучена возможность получения таблеток с влажной предварительной грануляцией. В предварительных экспериментах мы использовали 14 составов с последующим изучением технологических свойств прессуемой массы и физико-механических показателей таблеток, полученных из них. При этом в качестве наполнителей были использованы сахароза, глюкоза, мальтодекстрин, лактоза, МКЦ «Интроцелл», кальций карбонат, кальций фосфат двузамещенный и другие в различных комбинациях. Разрыхлителем в составе таблеток служит крахмал картофельный в количестве до 1–5%, а в качестве антифрикционного вещества – 1% кальция стеарат. В отличие от метода прямого прессования, решающим фактором, гарантирующим высокое качество целого продукта, является условие проведения процесса увлажнения [4]. Наиболее эффективным технологическим приемом повышения прессуемости порошкообразных лекарственных веществ является введение в таблетлируемый материал вспомогательных веществ, обладающих связывающей и увлажняющей способностью [5]. В качестве увлажняющего и связывающего компонента были использованы 96%-ный этиловый спирт, 1–5%-ный крахмальный клейстер и вода очищенная.

Четыре состава таблеток «Альпек», приготовленные методом влажной грануляции, подобраны для дальнейших исследований (табл. 4). Сущность технологии заключается в том, что рассчитанное количество субстанции альпека, просеянное через сито с

диаметром пор 160 мкм, смешивается с необходимым количеством наполнителя и увлажняется раствором связывающего вещества до образования оптимальной влажной массы. Влажную массу просеивают через сито с диаметром отверстия 2500 мкм, гранулы раскладывают тонким слоем на лист пергаментной бумаги и высушивают в сушильном

шкафу при 40–50 °С до оптимальной остаточной влажности ($1,6 \pm 0,4$). Высушенную массу повторно гранулируют пропусканием через сито с диаметром отверстия 1000 мкм, гранулы опудривают смесью картофельного крахмала и кальция стеарата, предварительно просеянной через сито с диаметром отверстия 100 мкм [9, 7].

Таблица 4.

Составы для приготовления таблеток «Альпек» методом влажного гранулирования

Ингредиенты	Составы			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Альпек	0,225	0,225	0, 225	0, 225
Сахароза	0,261	0,197	0,0873	0,222
Мальтодекстрин	–	0,03	0,0873	–
Глюкоза	–	0,03	0,0873	–
МКЦ	–	0,01	–	0,047
Крахмал	0,005	–	0,004	–
Ароматизатор	0,001	–	0,001	–
5 %-ный крахмальный клейстер	0,003	0,003	0,003	0,001
Кальция стеарат	0,005	0,005	0,005	0,005
Средняя масса	0,5	0,5	0,5	0,5

Таблетирование осуществлялось на лабораторном таблеточном прессе башмачного типа с диаметром 11 мм.

Для оценки качества приготовленных гранулятов таблеток «Альпек» методом влажного гранулирования были определены их технологические свойства, результаты которых представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Технологические свойства прессуемых масс, полученных методом влажной грануляции

Технологические свойства	Ед. изм.	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Фракционный состав:					
–1000 +500 мкм	%	53,31	46,85	42,84	55,08
–500 +250 мкм	%	23,46	11,72	11,86	14,51
–250 +160 мкм	%	10,05	22,98	26,12	15,27
–160 мкм	%	13,18	18,45	19,18	15,14
Сыпучесть	$10^{-3} \times \text{Кг/с}$	6,81	4,28	4,75	6,8
Прессуемость	Н	64	53	42	42
Угол естественного откоса	Градус	28,63	29,51	26,47	30,72
Насыпная плотность	кг/м ³	643	536	545	640
Коэффициент уплотнения	К	1,14	1,06	1,52	1,24
Остаточная влажность	%	1,6	2,6	2,8	2,5

Из результатов, представленных в таблице 5, следует, что использование указанных вспомогательных веществ 4 составов, которые приведены в таблице 4, а также использование способа влажного гранулирования приводит к значительному улучшению показателей технологических свойств.

При этом наблюдается увеличение количества крупных гранул во фракционном составе таблетированной массы и сравнительно равномерное их распределение в диапазоне фракций от –1000 +500 мкм до –160 мкм, а также оптимизируются такие показатели, как насыпная плотность, сыпучесть, угол естественного откоса, прессуемость, коэффициент уплотнения массы. Следует отметить, что, в отличие от масс, полученных для таблетирования прямым прессованием, сыпучесть и прессуемость таблеточных масс,

приготовленных методом влажного гранулирования, улучшались. Недостатки физико-механических свойств таблеток, полученных методом прямого прессования, такие как слабая прочность на излом и истирание (28–31 Н и 95,0–96,6%), а также большие отклонения от средней массы таблеток ($\pm 5,4$ – $\pm 8,4\%$), были обусловлены низкими показателями именно этих свойств прессуемых масс. Кроме того, увлажнение смеси наполнителей с действующим веществом способствует также улучшению качественных показателей получаемых таблеток [7, 2].

Результаты изучения качественных показателей таблеток «Альпек», полученных методом влажного гранулирования, приведены в таблице 6.

Таблица 6.

Качественные показатели таблеток «Альпек», полученных методом влажной грануляции

Технологические показатели	Ед. изм.	Составы			
		1	2	3	4
Внешний вид		Таблетки от желтоватого до оранжевого цвета, двояковыпуклой формы с гладкой поверхностью, цельнокрайные			
Отношение высоты к диам.	%	36,7	40,7	35,0	30,0
Прочность на излом	Н	55,0	32,0	30,0	45,0
Прочность на истирания	%	98,5	98,0	97,0	97,0
Распадаемость	мин	8	10,0	9,0	8
Растворение	%	91	84	88	85
Средняя масса и отклонения от нее	г	0,499	0,488	0,496	0,497
	%	±5,4	±7,3	±6,2	±8,4
Однородность дозирования		Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует

При естественном хранении выявлено, что у таблеток с наполнителем МКЦ (состав 4) увеличивается показатель прочности на излом и снижается проникновение жидкости в таблетку, при этом также увеличивается время распадаемости (14 мин). Это представляет определенный риск при переходе на производственные условия.

Исходя из данных таблицы 6 определили, что таблетки, полученные по составам 1 и 4, полностью соответствуют требованиям ГФ XI [2].

4. ВЫВОДЫ

1. Показано, что таблетирование альпека путем прямого прессования приводит к неравномерности распределения субстанции в таблетках.

2. Установлено, что таблетирование с влажной предварительной грануляцией позволяет получить таблетки «Альпек» с улучшенными технологическими свойствами, соответствующими требованиям фармакопей.

3. Разработаны состав и технология получения препарата «Альпек» в форме таблеток по 0,5 г: альпек – 0,225 г; сахароза – 0,261 г; крахмал – 0,005 г; ароматизатор – 0,001 г; кальция стеарат – 0,005 г и увлажнитель – 0,003 г 5 %-ного крахмального клейстера.

Список литературы:

1. Абрамов В.Е. Теоретическое обоснование создания новых препаративных форм альбендазола и клонантала для борьбы с эндо- и эктопаразитами сельскохозяйственных животных: Автореф. 16.00.04. – СПб., 2000. – С. 3–40.
2. Государственная фармакопея СССР. XI изд. Вып. 2. – М. : Медицина, 1990. – С. 154–160.
3. Емшанова С.В. Методологические подходы к выбору вспомогательных веществ для получения таблетированных препаратов методом прямого прессования // Химико-фармацевтический журнал. – 2008. – № 2. – С. 38–43.
4. Кузнецов А.В. Выбор увлажнителя при изготовлении таблеток с использованием предварительного гранулирования // Фармация. – М., 2002. – № 6. – С. 27–29.
5. Кузнецов А.В. Этапы исследований по выбору связывающих вспомогательных веществ в производстве таблеток // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов Пятигорского гос. фарм. академии. Вып. 61. – Пятигорск, 2006. – С. 108–110.
6. Разработка технологии получения противоэхинококкового средства из группы карбаматбензимидазола / Г.В. Зухурова, Т. Садиков, С.С. Саидов, Р.К. Каримов [и др.] // Фармацевтический журнал. – Ташкент, 2018. – № 3. – С. 64–69.
7. Руководство к лабораторным занятиям по заводской технологии лекарственных форм / под ред. А.И. Тенцовой. – М. : Медицина, 1986. – С. 12–51.
8. Совершенствование методологических подходов к стандартизации препаратов в лекарственной форме «таблетки» / Е.Л. Ковалева, В.Л. Багирова, Л.И. Митькина [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2009. – № 12. – С. 26–35.
9. Чуешов В.И., Мандрыка Л.А., Сичкарь А.А. Основы проектирования производств в химико-фармацевтической и биотехнологической промышленности : учебник для вузов. – Харьков : Золотые страницы, 2004. – С. 460.
10. 11th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds. Quantitative determination of the major substance in the preparation alpek (Turkey, Antalya, 1–4 October 2015) / G. Zuhurova, T. Sadikov, B. Makhmudova, A. Eshimbetov. – P. 157.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАКАЧКИ ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЯХ

Насиров Тулкун Закирович*канд. физ.-мат. наук, доцент, Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: tulkunnasirov@yandex.ru***Хожиев Фаррух Анварович***докторант, Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент,***Солиева Мухлиса Икром кизи***магистрант, Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент*

INVESTIGATION OF DYE LASER PUMPING SYSTEMS

Tulkun Z. Nasirov*professor, Tashkent state technical university,
Uzbekistan, Tashkent***Farrux A. Kхоjiyev***post graduate student, Tashkent state technical university,
Uzbekistan, Tashkent***Muxlisa Ikrom qizi Soliyeva***magister student, Tashkent state technical university,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена конструкция лазера на красителях имеющей систему накачки с применением полупроводниковых лазеров. Краситель был изготовлен растворением отломков от CD-диска на ацетоне. Для системы накачки использовали 10 параллельно подключенных полупроводниковых лазерных диодов CdS. Измерения показали, что предлагаемая конструкция может дать стабильное лазерное излучение с мощностью до 30 Вт.

ABSTRACT

Dye laser having pumping systems using semiconductor lasers have been considered. The dye after dissolution of CD disk fragments in acetone has been made. For dumpingsystem we use 10 parallel connected semiconductor laser diodes CDs. The carrying out measurements showed that the proposed ourselves construction allows reaching laser radiation power up to 30 Wt.

Ключевые слова: лазер, краситель, ацетон, конструкция, накачка, мощность.

Keywords: laser, dye, acetone, construction, pump, power.

Введение

Среди лазеров видимого и инфракрасного диапазонов полупроводниковые лазеры занимают особое место по ряду своих характеристик. Полупроводниковые инжекционные лазеры характеризуются очень высоким КПД преобразования электрической энергии в когерентное излучение (близким к 100%) и мо-

гут работать в непрерывном режиме. Другими практически важными особенностями полупроводниковых лазеров являются:

- высокая эффективность преобразования электрической энергии в энергию когерентного излучения (до 30-50%);

- малая инерционность, обуславливающая широкую полосу частот прямой модуляции (более 109 ГГц);

- простота конструкции;

- возможность перестройки длины волны излучения λ и наличие большого числа полупроводников, непрерывно перекрывающих интервал длин волн от 0,32 до 32 мкм.

Полупроводниковые лазеры используются с наибольшей эффективностью в тех случаях, когда требования к когерентности и направленности не очень велики, но необходимы малые габариты и высокий КПД. Они превосходят лазеры всех остальных типов плотностью энергии излучения и величиной КПД. Важным качеством полупроводниковых лазеров является возможность перестройки частоты излучения и управления световым пучком, т.е. модуляция интенсивности света с постоянной времени ~ 10 – 11 сек [6, с. 5].

В связи с этим полупроводниковые лазеры широко применяются для накачки лазеров других типов [2, с. 745]. Например, в работе [4, с. 25] было предложено усовершенствовать электроразрядный полупроводниковый лазер на соединениях $\text{Al}^{\text{IV}}\text{V}^{\text{VI}}$ использованием световода переменного сечения.

В работе [5, с. 44] исследована схема твердотельного дискового лазера с трехзонной диодной накачкой, в которой все области инверсной населенности активного элемента связаны между собой единым пучком, замкнутым через цикл облетов резонатора и имеющим единственный канал выхода из резонатора. Использование специально изготовленных зеркал с переменным по поверхности коэффициентом отражения была показана возможность генерации излучения высокого качества с КПД, не уступающим простым многомодовым резонаторам.

В работе [3, с. 35] был приведен сравнительный анализ различных способов формирования внешней оптической обратной связи в полупроводниковых лазерах, где были рассмотрены схемы с зеркально и диффузно отражающими объектами и поляризационными элементами в канале внешней обратной связи.

В работе [1, с. 1000] было показано, что применение гипертеплопроводящих пластин совместно с алгоритмом широтно-импульсной модуляции позволяет обеспечить стабилизацию температуры подложек линеек лазерных диодов с точностью $\pm 0,1$ °C и, одновременно выравнивать распределения температуры по ее поверхности с отклонением менее 1 °C. Оптическая схема резонатора лазера позволяет сохранить угловую расходимость излучения, превышающую дифракционный предел не более чем в два раза, при мощности накачки до 100 Вт. Было показано, что для повышения эффективности световой накачки и коэффициента полезного действия лазера в целом необходимо использовать многослойные покрытия широких оптических поверхностей слэба на основе чередующихся слоев SiO_2 и ZrO_2 .

В настоящей работе полупроводниковый лазер использовался для накачки лазера на красителях.

Методы эксперимента

Раствор красителя изготавливали в следующем порядке. Сначала взяли чистую стеклянную посуду, налили туда ацетон, разломали футляр от CD-диска на мелкие кусочки и положили их в ацетон. После того, как пластик растворился в ацетоне, слили с посуды ацетон и налили чистый. Далее хорошо перемешивали в свежем ацетоне пластик и опять слили его. Данную процедуру повторили несколько раз до тех пор, пока не получился чистый пластик, свободный от различных примесей.

Далее взяли другую прозрачную посуду, залили флуоресцентный краситель красного цвета и развели его в ацетоне до получения темного бордового цвета. Раствор довели до такого состояния, чтобы только на просвет была видна его темно-рубиновая прозрачность.

Полученный раствор красителя отфильтровали через плотноскрученный ватный тампон. Из заранее подготовленного растворенного пластика полностью слили ацетон. Вместо него залили полученный очищенный краситель и очень тщательно перемешивали его с пластиком. После чего, слили остатки красителя и залили снова чистый краситель, тщательно перемешивали. Процедуру повторили несколько раз и оставили пластик в растворе красителя на несколько дней в неподвижном состоянии. После того, как пластик просел и стал прозрачным, слили остатки красителя, ополаскивали содержимое чистым красителем. Затем еще раз налили чистый краситель и оставили.

Далее перешли к изготовлению формы под пластик. Довели до получения кусочка пластика ровной цилиндрической формы длиной 5 сантиметров с квадратным сечением (размера 4×4 мм). Залили в форму полученный краситель, промыли им форму и слили краситель. Еще раз залили, затем в форму с красителем залили уже окрашенный пластик. Сверху на все это залили краситель и закрыли для предотвращения испарения ацетона, чтобы краситель не начал выпадать в осадок и не засорял пластик.

Изделие оставили на неделю. Затем, не шевеля форму, медленно прилили в нее чистый ацетон, чтобы краситель вылился через края и сверху был только чистый ацетон. Форму оставили открытой и оставили ее в морозилке. Через 3 дня ацетон полностью испарился и пластик засох.

Затем сломали саму форму и очистили полученное «рабочее тело» от остатков формы. Неровности и дефекты «рабочего тела», оставшиеся после высыхания, исправили подбором кусочек стекла, смачиванием его ацетоном и сдавливанием к нему ту сторону «рабочего тела», где есть дефект. Подождали до момента высыхания. Так делали со всеми дефектными сторонами до их полного устранения и получения идеально ровных граней и торцов, без царапин и дефектов.

После того, как «рабочее тело» было готово, его разместили на медной металлической основе, которую сверху покрыли клеем моментом и приклеивали аккуратно «рабочее тело» к нему. Далее со стороны одного из торцов установили полупроводниковую лазерную указку таким образом, чтобы лазер просвечивал насквозь «рабочее тело» по длине и на выходе

четко сохранилось его маленькое пятнышко без каких-либо искажений.

Описание элементов эксперимента

В работе использовали 10 параллельно подключенных полупроводниковых лазерных диодов CdS, излучающих на длине волны 480 нм с мощностью по 2 Вт каждый. Диодные лазеры разместили сверху над «рабочим телом» равномерно вдоль его поверхности. Электрическую схему построили так, чтобы при включении, сначала загоралась лазерная указка, а затем диоды. Изготовили металлический корпус таким образом, чтобы вся световая энергия диодов отражалась на «рабочее тело» и не выходила во вне.

Использовали устройство только короткими импульсами, не более одной секунды, с перерывами по 5÷10 секунд.

Измерение мощности излучения

Мощность выходного лазерного излучения измеряли двумя способами. В 1-способе использовали пондеромоторный метод. В связи с тем, что экспериментальные условия для проведения измерений по данному способу не позволяют более точно определить значения мощности (из-за коротких импульсов и перерывов), для проверки экспериментальных результатов, подключили также элементы для измерения по второму – калориметрическому способу. Для

этого выходное излучение через отражательное зеркало направляли в калориметр, где находилась дистиллированная вода с термометром. Во избежание выхода излучения из калориметра ее внутренняя сторона покрывалась алюминиевой фольгой.

Считая, что практически вся излучаемая энергия поглотилась в теплоту, по изменениям температуры воды Δt и по времени задержки τ определяли мощность выходного лазерного излучения P :

$$P\tau = (c_w m_w + c_{Al} m_{Al}) \Delta t,$$

где c_w и c_{Al} – удельная теплоемкость воды и алюминиевой посуды, соответственно, m_w – масса воды в калориметре и m_{Al} – масса алюминиевой фольги.

Экспериментальные результаты

Как показал анализ результатов эксперимента, оба метода дают практически сопоставимые неразличимые значения. Зависимость мощности излучения при выходе от числа подключенных диодов представлена на рис.1, из которого видно, что предложенная установка позволяет получить мощность до 30 Вт.

Рисунок 1. Зависимость мощности излучения на выходе от числа подключенных лазерных диодов

Список литературы:

1. Архипов Д.А. и др. Оптимизация рабочих характеристик твердотельного лазера с диодной накачкой для космических применений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. - Том 15. - № 6. - С. 1000-1007.
2. Бурдукова О.А., Долотов С.М., Петухов В.А., Семенов М.А. Полимерный лазер на красителях с накачкой зелеными полупроводниковыми лазерами // Квантовая электроника, - 2019. - 49, - № 8. - С. 745-748.
3. Карих Е.Д. Полупроводниковый лазер с комбинированной внешней оптической обратной связью // Вестник БГУ, - 2015. - серия 1. - вып. 2. - С. 35-39.
4. Насибов А.С., Баграмов В.Г., Бережной К.В., Шапкин П.В. Электроразрядный полупроводниковый лазер на соединениях A2B6 с фоконной вставкой // Краткие сообщения по физике ФИАН. - 2013. - вып.4. - С. 25-34.
5. Николаев Д.А., Пивкина М.Н., Цветков В.Б. Дисковый Nd:GGG лазер с многопучковой оптической накачкой // Прикладная фотоника. - 2015. - Т.2. - № 1. - С. 44-52.
6. Павлов В.В., Семашко В.В. Оптический параметрический генератор. -Казань. Учебное пособие, 2014. – 68 с.

ЭНЕРГЕТИКА

ДИСТАНЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ БОЛЬШИХ ПЕРЕМЕННЫХ ТОКОВ

*Амиров Султан Файзуллаевич**д-р техн. наук, профессор, Бухарский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, г. Бухара**Бабаназарова Наргиса Камиловна**старший преподаватель, Бухарский инженерно-технологический институт,
Узбекистан, г. Бухара*

REMOTE ELECTROMAGNETIC TRANSFORMERS OF LARGE ALTERNATE CURRENTS

*Sultan Amirov**Doctor of Technical Science, Professor, Bukhara Institute of Engineering and Technology,
Uzbekistan, Bukhara**Nargisa Babanazarova**Senior Lecturer, Bukhara Institute of Engineering and Technology,
Uzbekistan, Bukhara*

АННОТАЦИЯ

В статье приведен сравнительный анализ существующих преобразователей больших токов и факторы, влияющие на погрешности измерений. Выделен тип измерительного преобразователя с экономичной модификацией и приемлемыми показателями для применения в энергосистеме с высоким напряжением.

ABSTRACT

In the article a comparative analysis of existing high current transformers and factors affecting measurement errors are presented. The type of measuring transducer with an economical modification and acceptable performance for usage in a high-voltage power system is highlighted.

Ключевые слова: большой переменный ток, измерительный преобразователь больших переменных токов, погрешность, дистанционный электромагнитный трансформатор тока.

Keywords: large alternate current; measuring transducer of large alternate currents; error; remote electromagnetic current transformer.

Область использования больших переменных токов (БПТ) возрастает в связи с ростом потребления электроэнергии переменного тока. Измерение большого переменного тока промышленной частоты составляет одну из важнейших проблем современной электроизмерительной техники и практически всей промышленной электроэнергетики. Измерение охватывает широкий диапазон верхних и нижних значений. В настоящее время диапазон измерения больших переменных токов промышленной частоты довольно широк и составляет от 10 А до 70 кА. Токи большей силы подвергаются при измерениях промежуточному преобразованию с помощью специаль-

ных средств измерений – измерительных преобразователей большого переменного тока (ИПБПТ), – единственное назначение которых состоит в преобразовании значения большого тока во вторичную физическую величину, как правило, тоже электрическую по природе, значение которой пропорционально значению большого тока и доступно для прямого измерения стандартными приборами широкого применения, пределы измерений которых и другие технические характеристики согласуются с выходными характеристиками преобразователей. В настоящее время ИПБПТ имеют весьма разнообразное количество рис. 1. Наиболее

распространенный вид преобразователя – измерительный трансформатор тока, но данные трансформаторы морально устарели и сдерживают развитие энергосистем, следовательно, стоит вопрос об актуальности поиска новых способов преобразования

больших переменных токов с уменьшенными погрешностями, возможностью монтажа и демонтажа устройства без разрыва токопровода, низкой материалоемкостью и простотой обслуживания, повышенной эксплуатационной надежностью, в диапазоне сверхбольших токов при бесконтактных измерениях.

Рисунок 1. Классификация измерительных преобразователей БПТ

Сравнительный анализ показал, что резистивные преобразователи, к которым относятся шунты и специальные меры соединения, в том числе комбинированные, несмотря на инвариантность показаний к внешним магнитным полям и ферромагнитным массам, отсутствие потребности к вспомогательным источникам питания, имеют относительно большую массу, с увеличением преобразуемого тока пропорционально возрастает мощность, обладают низкой надежностью и ограничены в многопредельности, имеют большие динамические погрешности, связанные с эксплуатацией в условиях постоянного перегрева и их практически не возможно применять в цепях высокого напряжения.

Для измерений большого переменного тока также используют две основные разновидности магнитомодуляционных преобразователей: магнитные компараторы, обладающие сложной конструкцией – относящиеся к категории наиболее точных и использующиеся в качестве высших звеньев в поверочной иерархии (по данным экспериментальных исследований трехобмоточный компаратор с источником питания имел погрешности порядка 0,01%); и наиболее распространенный вид – трансформаторные преобразователи, характеризующиеся высокой надежностью и достаточно простой конструкцией и стоит отметить, что применяют для преобразования БПТ практически во всех диапазонах его значений, но точ-

ность измерения, у которого снижается при воздействии внешнего магнитного поля, повышения температуры и колебания питающего напряжения.

Особое внимание стоит уделить дистанционным электромагнитным трансформаторам тока типа ТВМ рис. 2, непосредственно реагирующие на магнитный поток измеряемого тока, но находящиеся на достаточно большом изоляционном расстоянии от проводов высокого напряжения. При этом устраняется необходимость в дорогостоящей высоковольтной изоляции между первичной и вторичной цепями преобразователя.

Рисунок 2. Дистанционный дифференциальный преобразователь тока типа ТВМ

Преобразователь тока данного типа представляет собой П-образный магнитопровод со вторичной обмоткой, разделенной на 2 одинаковые секции, расположенные симметрично на его боковых стержнях и соединенные по дифференциальной схеме. Преобразователь располагается под проводом фазы, по которой проходит измеряемый ток, как показано на рис. 2. Посторонние прямолинейные провода с токами считаем расположенными параллельно измеряемой в одной горизонтальной плоскости с ним. Магнитное поле измеряемого тока схематически показано штриховками линиями, а поле постороннего тока, например тока одной из соседних фаз, – штрихпунктирными. Как видно из рисунка, ЭДС, наводимые измеряемым током в секциях обмотки преобразователя, складываются, а ЭДС от постороннего тока вычитаются одна из другой. Таким образом, повышается помехозащищенность данного устройства по сравнению с дистанционными электромагнитными преобразователями других типов. Попытки дополнительно ограничить влияние посторонних токов с помощью различных экранов и компенсирующих обмоток, помещенных на общий магнитопровод со вторичной обмоткой, не дали положительных результатов, но в этом направлении ведутся работы.

Начиная с середины прошлого века начали внедряться ИПБПТ, основанные на магнитогальванических эффектах, в частности, на эффекте Холла. Анализируя магнитогальванические измерительные преобразователи БПТ отметим, что параметры первичных преобразователей Холла характеризуются недостаточной стабильностью во времени и существенной чувствительностью к изменению температуры. Изменение чувствительности может достигать единиц процентов в год, температурные изменения также достигаются десятый долей процента на один градус. У данных измерительных преобразователей сниженная надежность, в связи с дополнительной коррекцией характеристик и компенсации влияния внешних факторов, сложная конструктивность и технологичность.

Очень важно обеспечение однозначной связи между индукцией магнитного поля и значением измеряемого тока, поскольку первичный преобразователь реагирует только на локальное поле, которое пронизывает участок, где он размещен, так как теоретическая конфигурация магнитного поля измеряемого тока может искажаться из-за близко расположенных ферромагнитных масс, других источников магнитного поля, в том числе соединенных токопровода, электрических агрегатов и машин. В результате этого параметры магнитного поля в выбранной конкретной области могут существенно и произвольно изменяться в зависимости от совершенно посторонних и неконтролируемых обстоятельств. То же будет происходить и при изменении местоположения такого преобразователя. Магнитогальванические преобразователи характеризуются погрешностями на

уровне 0,2%, обладают достаточно высоким быстродействием, но не нашли широкого применения.

Использование оптических каналов связи взамен крупногабаритных ИПБПТ, наиболее целесообразно, и измерительным преобразователям в основу которых лежит магнитооптический эффект Фарадея, уделяется большое внимание, но массовое внедрение таких ИП мешает их ограниченный срок службы применяемых комплектующих деталей, меньшей надежностью и сложностью, а также возникающими трудностями сопряжения с электромагнитными исполнительными устройствами защиты.

Факторы, препятствующие повышению точности измерений разделены на две группы: 1. Методический характер, связанный с недостатками практической реализации метода для конкретных условий измерений; 2. Скрытое в существе самого эффекта, которое в реальных условиях проявляются чаще всего с неблагоприятной стороны.

К числу достоинств магнитооптических преобразователей можно отнести быстродействие, а также возможность надежной электрической развязки между преобразовательным элементом и регистрирующей аппаратуры, что делает их особенно перспективными для измерения в высоковольтных цепях.

Принцип работы магниторезонансных ИП основан на использовании явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР), данный принцип можно отнести к наиболее высокоточным измерениям большого тока. Сложность обеспечения измерения магнитной индукции на основе ядерного резонанса – точечные элементы. Коэффициент связи между значением тока и магнитной индукции в одной точке, в реальных условиях может меняться из-за различных плохо контролируемых факторов. Обеспечение технического решения позволит создание конструктивного звена, функция которого заключается в обеспечении высокой однородности магнитного поля в объеме, занимаемом первичным преобразователем ЯМР. Хотя в последние годы разработаны ЯМР ИПБПТ с более равномерным и однородным магнитным полем и уменьшенным размером чувствительных элементов, все же погрешность измерений от неравномерности и неоднородности магнитного поля еще велики. Кроме того, нижний предел измерений у подобных ИПБПТ ограничивается значением магнитной индукции в зоне установки ЯМР-го чувствительного элемента (оно должно быть не менее 0,1 Тл).

Из анализа многообразных ИПБПТ, следует сделать вывод, что применение тех или иных преобразователей затрудняется для преобразования больших токов, в цепях высокого напряжения, поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены на исследование дистанционного трансформатора тока ДТТ типа ТВМ, так как они являются наиболее экономичной модификацией, имеют вполне приемлемые показатели и позволят на их основе создать принципиально новый преобразователь с уменьшенными помехами токов соседних фаз.

Список литературы:

1. Афанасьев В.В., Адоньев Н.М, Кибель В.М. и др., Трансформаторы тока, 2е издание, Ленинград, Энергоатомиздат, стр. 380
2. Аксенов Ю.П., Голубев А.В., Завидей В.И. Предприятие «ДИАКС». Контроль технического состояния трансформаторов тока ТФРМ на рабочем напряжении // Энергетик. – Москва, 2004. - № 3. – С. 29-30
3. Amirov S. F., Rustamov D. Sh. Babanazarova N. K.// RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC CURRENT TRANSDUCER// European science review, № 3–4 2019 March–April, p.95
4. Казанский В.Е., Трансформаторы тока в устройствах релейной защиты и автоматики, Москва, Энергия, стр. 191

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ВИДОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ УЗБЕКИСТАНА

Жураева Зухра Исламовна

ассистент кафедры «Альтернативные источники энергии»,
Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова,
Республика Узбекистан, г.Ташкент
E-mail: zuxra_199@mail.ru

Жураев Ислон Рахматович

инженер-исследователь,
Республика Узбекистан, г.Ташкент
E-mail: nauka-jir@mail.ru

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT AND USE OF PRIORITY RENEWABLE ENERGY SOURCES IN ENERGY SECTOR OF UZBEKISTAN

Zukhra Juraeva

Assistant department, Alternative energy sources of TSTU named I.Karimov,
Uzbekistan, Tashkent

Islom Juraev

Research engineer

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены виды энергий, их влияние на окружающую среду, предпосылки для развития и использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергетике. Рассмотрены потенциалы развития и состояние использования приоритетных видов ВИЭ в Узбекистане.

ABSTRACT

This article examines the types of energies, their impact on the environment, the prerequisites for development and use of renewable energy sources (RES) in the energy sector. Considered the development potential and the state of use of priority RES in Uzbekistan.

Ключевые слова: энергетика, возобновляемые источники энергии, биогазовая энергетика, ветроэнергетика, солнечная энергетика, станции, солнечная энергия, фотоэлектрические преобразователи.

Keywords: energy sector, renewable energy, biogas energy, wind energy, solar energy, stations, solar energy, photovoltaic converters.

Энергетика в настоящее время является самым приоритетным направлением инженерной науки, которая занимается преобразованием, передачей, хранением и использованием энергии. История цивилизации всего человечества связана с потреблением энергии самых разных видов. Основной особенностью современного мира является увеличение энергопотребления во всех сферах общественной жизни.

Производство электрической энергии использованием традиционных источников энергии в виде полезных ископаемых (уголь, газ, нефть) приводит к загрязнению окружающей среды из-за выбросов в атмосферу углекислых газов. Увеличение концентрации CO₂ в атмосфере приводит к глобальному изменению климата и образованию парникового эффекта и как следствие к возможным экологическим катастрофам [5].

В связи с этим использование в энергетике экологически чистых возобновляемых источников энергии является актуальной и приоритетной задачей. Возобновляемыми источниками энергии являются солнечная, ветровая, гидроэнергия, биогазовая энергия, геотермальная, энергия волн и течений морей и океанов. Большинство видов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются производными от солнечного воздействия. Как, например появление ветров вследствие изменения температуры и давления атмосферного воздуха, образования гидроресурсов за счет испарения из морей и океанов [1].

По статистическим данным мировой энергетики доля выбросов CO₂ в общем соотношении используемого ресурса топлива составляет следующий баланс. Уголь 44%, нефть 33 %, природный газ 23% (рис.1) [11].

Рисунок 1. Соотношение долей выбросов CO₂ по видам топлива

Как показывает вышеприведенный аналитический материал, производство электроэнергии с использованием традиционных источников энергии оказывает существенное воздействие на окружающую среду. Все это в целом создает необходимые предпосылки для внедрения энергосберегающих и эффективных технологий, развития экологически чистых и безвредных видов энергии. В связи с этим актуальной задачей энергетики в настоящее время становится переход и увеличения доли использования

возобновляемых источников энергии, которые являются экологически чистыми и безвредными для окружающей среды.

По данным мировой энергетики, соотношение источников энергии в мировом производстве электроэнергии в 2018 году составило следующих показателей: возобновляемые источники энергии (ВИЭ) 26%, в том числе доля солнечной энергетики (СЭ) 3%, доля ветровой энергетики (ВЭ) 6%, остальные виды ВИЭ 17%, традиционные источники энергии (ТИЭ) – 74% (рис.2.).

Рисунок 2. Соотношение видов ВИЭ и ТИЭ в мировом производстве электроэнергии

В общем мировом энергобалансе рост доли ветровой и солнечной энергии с каждым годом увеличивается и в 2018 году рост составил 7,5% [11].

Потребление и спрос на электроэнергию как по всему миру так и по республике Узбекистан растет с каждым годом. Причина тому интенсивное развитие промышленности, производственных, строительных и других отраслей страны, рост населенных пунктов и инфраструктурных объектов потребляемых электроэнергии. Удельная доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем объеме генерации электроэнергии Узбекистана к настоящему времени составляет 10% [13]. Остальные 90% электроэнергии приходится на долю традиционных источников энергии (ТИЭ) (рис.3).

Рисунок 3. Соотношение ВИЭ и ТИЭ в производстве электроэнергии в Узбекистане

Согласно постановлению Президента РУз ПП-4422 от 22.08.2019г, долю возобновляемых источников энергии в общем объеме генерации поручено к 2030 году увеличить до уровня 25%, в том числе на период 2020-2030гг, намечены прогнозы увеличения долей генерации электроэнергии и генерирующих мощностей по ВИЭ в следующем соотношении: по гидроэнергетике увеличение мощностей до 1487,6 мВт, что в общем объеме генерации составляет 11,2%, по солнечной энергетике увеличение мощностей до 4300 мВт, что в общем объеме генерации составляет 8,8%, по ветряной энергетике увеличение мощностей до 1600 мВт, что в общем объеме генерации составляет 5% [9]. Благодаря потенциала водных ресурсов в географическом расположении республики и накопленного опыта сооружения и эксплуатации гидроэлектростанций (ГЭС), существенное развитие ВИЭ достигается по гидроэнергетике, за счет ввода мощностей малых и каскадных ГЭС, с применением современных гидроагрегатов. Кроме этих видов ВИЭ в республике имеются потенциалы для освоения использования геотермальной и биогазовой энергетики. Геотермальная энергия в виде геотермальных вод по регионам республики в основном используются в бальнеологии лечебно-профилактических санаториях и больницах. Петротермальные запасы распространены в основном в подземных горных породах Ферганской долины [10]. Для использования данного вида энергии требуется разработка природно-охранных регламентов и глубокие изучения в плане технико-технологического освоения.

Биогазовая энергетика является одним из перспективных направлений развития ВИЭ с точки зрения обеспечения безотходности производства, решения экологической задачи по переработке твердых бытовых отходов. Интенсивное развитие в регионах республики Узбекистан животноводства, птицеводства, сельского хозяйства создает предпосылки для переработки органических отходов с применением биогазовой энергетической технологии, которые позволяют обеспечить автономное снабжение электрической, тепловой энергией, теплом самих хозяйств, расположенных отдаленно от централизованных электрических сетей. А переработанные отходы использовать в качестве удобрений для повышения плодородности земель [2]. За прошедшие годы на фермерских хозяйствах Наманганской, Андижанской, Хорезмской, Сырдарьинской и Ташкентской областях по программам ПМГ ГЭФ и ПРООН были созданы проекты биогазовых установок различных мощностей для переработки отходов животноводства и птицеводства [8]. В настоящее время в правительственных программах республики прорабатываются программы по концепции глубокого развития биоэнергетики.

Методология расчета биогазовых установок предусматривает расчет и определение технологиче-

ской схемы, конструктивно-технологических параметров установки, объема биогаза, вырабатываемой энергии, тепла, показателей энергетической эффективности установки. Построение биогазовых энергетических станций включает комплексные расчеты по определению системы подготовки сырья, биомассы, биогазовой установки, мощности станции, потребляемые нагрузки, сопряжение параметров при необходимости интегрирования в локальную электрическую сеть, а также обеспечения безопасности работы станций.

Благодаря экологической чистоте, мобильности станций, быстротой возведения, возможности автономного пользования и других многочисленных преимуществ среди видов ВИЭ, ветроэнергетика и солнечная энергетика являются перспективными направлениями развития энергетики и находят более широкое применение в мировой энергетике.

В республике Узбекистан также начались масштабные работы на основании намеченных мер по освоению технологий и практическому использованию этих приоритетных видов ВИЭ. Поэтапно рассмотрим состояние использования в Узбекистане ветровой и солнечной видов ВИЭ. К настоящему времени введена в эксплуатацию ветроэнергетическая станция мощностью 750 кВт в Ташкентской области. В перспективе на условиях государственно-частного партнерства планируется построить ветроэнергетические станции мощностью 100 мВт вблизи Нукуса в Каракалпакстане и мощностью 200 мВт вблизи Зарафшана Навоийской области. Также планируется на условиях государственно-частного партнерства строительство солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) мощностью 100 мВт в Карманинском районе Навоийской области, мощностью 100 мВт в Нурабадском районе Самаркандской области. Наряду с перспективными планами до настоящего времени введены в эксплуатацию СФЭС автономного типа мощностью 1,2 мВт, в Кандымском газоперерабатывающем комплексе Каракульского района Бухарской области, а также успешно эксплуатируются в разных регионах республики несколько СФЭС суммарной мощностью 317 кВт, интегрированные с локальной электрической сетью для обеспечения собственных нужд организаций [10; 13].

Ветровая энергетика также имеет большой потенциал, благодаря географическому кадастру и климатическим условиям республики Узбекистан. Как известно, ветроэлектрическим установкам для выработки электроэнергии минимально необходимая скорость ветра должна быть в пределах 3-4 м/с. Как приводится на карте ветров Узбекистана (рис.4) [6], скорость ветров по регионам республики возрастает с 3,3 м/с до 24,4 м/с, что позволяет использовать потенциальную возможность регионов для локализации ветровых электростанций.

Рисунок 4. Карта ветров Узбекистана

Здесь особенность задачи использования ветровой энергии заключается в нестабильности и резкости климатических погодных условий. Как известно, резкие превышения скоростей ветров в отдельных регионах предельно-допустимого значения, могут приводит к выходу из строя ветроэнергетических установок, возгоранию генераторов ветряных установок. В связи с этим построение ветровых электрических станций требует изучения ряда технических вопросов, касающихся определения местности, составления ветроэнергетического кадастра, расчета параметров ветровых установок, мощности станций согласно потребляемой нагрузки, обеспечения безопасности работы системы. Учитывая случайный ха-

рактер ветров, необходимо провести расчет энергетических параметров на стабильность и устойчивость системы при интегрировании в локальную электрическую сеть.

Среди намеченных ВИЭ солнечная энергия в Узбекистане имеет наибольший потенциал развития, о чем свидетельствует карта солнечного ресурса (рис.5) [7]. Дневные значения уровня инсоляции возрастает с 3,6 до 4,6 кВт-час/м². Данные показывают, что Узбекистан имеет огромный потенциал солнечного ресурса. Число безоблачных дней по республике в среднем составляет 250-270, продолжительность солнечного сияния составляет 2850-3050 часов в году [10].

Рисунок 5. Карта солнечного ресурса Узбекистана

В связи с этим задачи по развитию и широкого использования солнечной энергии в Узбекистане являются более актуальными и перспективными. Существуют различные технологические способы для использования и преобразования солнечной энергии, применением которых можно производить достаточно большой объем тепловой и электрической энергии.

Использование солнечной энергии могут осуществляться следующими основными установками и способами [3; 12]:

- Солнечные водонагревательные установки (коллекторы), в которых нагревается теплоноситель, вода, воздух. Такие установки широко применяются для теплоснабжения и горячего водоснабжения.
- Солнечные электростанции, в которых солнечная энергия концентраторами различного вида направляется на приемную поверхность для образования пара, который вращает турбины, вырабатывающие электроэнергию (рис.6) [3].

Рисунок 6. Солнечная электростанция башенного типа

- прямое преобразование солнечного излучения в электричество посредством фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), построенных на основе полупроводниковых материалов.

Все приведенные технологии, энергетические установки для использования и преобразования солнечной энергии могут быть успешно применены в климатических условиях Узбекистана.

Вышеприведенный краткий анализ развития и использования приоритетных видов ВИЭ в Узбекистане показывает потенциальные возможности существующих ресурсов для применения в производстве тепловой и электрической энергии. Для эффективного использования энергетических ресурсов, эффективной эксплуатации энергетических станций на основе ВИЭ, необходимо проводить методологические, технико-экономические и научно-технические исследования опытных энергетических установок с использованием ВИЭ, развивать навыки и знания

кадров и специалистов. В ряде ВУЗ Узбекистана, в том числе и в ТГТУ им.И.Каримова осуществляются учебно-лабораторные, научно-исследовательские работы на модулях энергетических установок с использованием ВИЭ, позволяющие решать данные задачи. Учеными научно-исследовательских институтов республики, особенно фундаментально в ФТИ АН РУз, ведутся глубокие исследования по использованию солнечной энергии, созданию высокоэффективных установок для солнечной энергетики, полупроводниковых технологий для ФЭП. Одно из наиболее редких установок использующих технологию концентрирования солнечной энергии в виде Большой Солнечной Печи (БСП) тепловой мощностью 1000 кВт в Паркентском районе Ташкентской области была запущена в эксплуатацию в 1987г., на территории Института материаловедения НПО «Физика-Солнце» АН РУз(рис.7).

Рисунок 7. Большая солнечная печь

БСП является уникальным сооружением для экспериментальных исследований и промышленного производства износостойких и теплостойких матери-

алов [4]. Подробное рассмотрение обзорной информации, теоретических, научно-практических исследований и актуальных задач солнечной энергетики будем приводить в последующих публикациях.

Список литературы:

1. Безруких П. Возобновляемая энергетика: сегодня-реальность, завтра необходимость. М.: Лесная страна, 2007.-120 с.
2. Белгородский институт альтернативной энергетики. Энергия биомасс. Электронный ресурс. <http://www.altenergo-nii.ru/renewable/biomass>. Дата обращения 18.03.2020г.
3. Бессель В. В., Кучеров В. Г., Мингалеева Р. Д. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов: Учебно-методическое пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – 90 с.
4. Большая солнечная печь Узбекистана/Экология:Фото,Туризм, Узбекистан-Sreda.uz. Электронный ресурс. <https://sreda.uz/> дата обращения 02.04.2020г
5. В.Ф.Гременюк, М.С. Тиванов, В.Б.Залесский, Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. Минск: Изд. Центр БГУ, 2007. - 222 с. ил., табл.
6. Карта ветров Узбекистана. Электронный ресурс. <https://www.google.com/search=карта+ветров+узбекистана&rlz>.Дата обращения 18.03.2020г.
7. Карта солнечных ресурсов Узбекистана. Электронный ресурс. <https://www.google.com/search=карта+солнечной+инсоляции+узбекистана&source>. Дата обращения 18.03.2020г.
8. Перспективы развития биогазовых технологий в Узбекистане. 22.05.2013г. Электронный ресурс. <http://www.unep.org>. Дата обращения 20.03.2020г.
9. Постановление Президента Республики Узбекистан N- ПП-4422 от 22.08.2019г., «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии». Электронный ресурс. <http://nrm.uz>. Дата обращения 10.03.2020г.
- 10 Развитие возобновляемой энергетики в Узбекистане: современное состояние, проблемы и пути их решения. Н.Матчанов. Ташкент, 2019г. Международный институт солнечной энергии – CAREC. Электронный ресурс. <https://www.carecprogram.org>. Дата обращения 18.03.2020г.
11. Статистический ежегодник мировой энергетики 2019. Электронный ресурс. <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-productioncombustion>.Дата обращения 24.02.2020г.
12. Технология использования солнечной энергии в различных климатических зонах (широтах) Мира. Автор: Осадчий Г.Б., 30.07.2012. Электронный ресурс. <https://FacePla.net/> дата обращения 24.03.2020г
13. Увеличение доли возобновляемой энергии — поэтапный процесс, требующий инвестиции. Электронный ресурс. <https://minenergy.uz/ru/news/view/330>. Дата обращения 10.03.2020г.

МОДЕЛЬ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**Козлов Андрей Васильевич***канд. с-х. наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет,
РФ, г. Благовещенск***Залесский Виктор Сергеевич***магистрант, Дальневосточный государственный аграрный университет,
РФ, г. Благовещенск***PROGRAM MODEL FOR DESIGNING A SOLAR POWER PLANT****Andrey Kozlov***candidate of agriculture sciences, associate professor, Far Eastern State Agrarian University,
Russia, Blagoveshchensk***Victor Zalessky***Master student, Far Eastern State Agrarian University,
Russia, Blagoveshchensk***АННОТАЦИЯ**

В данной статье рассмотрены возможности использования предлагаемой модели и программы. Программа позволяет рассчитать значения выходной солнечной энергии, оценить экономическую эффективность предложенного проекта. Приведены необходимые данные для расчётов.

ABSTRACT

This article discusses the possibilities using the proposed model and program. The program allows you to calculate the values of the output solar energy, to evaluate the economic efficiency of the proposed project. And also provides the necessary data for the calculations.

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная электростанция, выходная солнечная энергия, размер системы, системные и общие потери, экономическая эффективность.

Keywords: solar energy, solar power plant, output solar energy, system size, system and total losses, economic efficiency.

Модель программы – это специальная форма кодирования информации. При этом кодируется не только известная исходная информация, но и та информация, которая еще неизвестна.

В основном большинство программ состоят из трех частей [1]:

1. Препроцессор – определение, подборка и проверка исходных данных.
2. Процессор – решение поставленных проблем, проведение вычислений.
3. Постпроцессор – проверка полученных результатов.

Обычно создаваемые программы предназначены только для определенного числа задач. Перед нами была поставлена задача по созданию программы для определения необходимых результатов, получаемых на солнечной электростанции. В частности, найти возможности для расчетов значений выходной солнечной энергии, поступающей к потребителю ежемесячно и в течение года.

Для этого была создана модель программы, представленная на рис. 1

Рисунок 1. Модель программы

Для простоты использования программы был создан сайт, на котором любой пользователь может в режиме реального времени увидеть все необходимые значения. Данная программы располагается по адресу <https://solarpowerdv.ru/> [2].

В программу вносятся данные: размер системы – мощность солнечной электростанции, установленный угол наклона солнечных панелей и соответствующие этому углу возможные потери энергии, системные потери, КПД инвертора. В этом случае мы получаем следующую формулу для вычисления значений выходной солнечной энергии:

$$W = P_{\text{сист.}} \cdot L_{\text{общ.}} \cdot \mu_{\text{инверт.}} \cdot Z \cdot t$$

Где: $P_{\text{сист.}}$ – размер системы, кВт;

$L_{\text{общ.}}$ – системные потери, %;

$\mu_{\text{инверт.}}$ – КПД инвертора

Z – потери от угла наклона

t – количество солнечных часов по месяцам, час.

Полученные значения выходной солнечной энергии представлены на диаграмме 1.

Диаграмма 1. Выработка энергии СЭС мощностью 500,5 кВт в течении года

По результатам, представленным на диаграмме 1 видно, что в летние месяцы (июнь и июль) значения вырабатываемой солнечной энергии уменьшаются по сравнению с получаемой энергией в весенние месяцы. Это объясняется тем, что летние месяцы были дождливыми, и число солнечных дней значительно уменьшилось по сравнению с весной. Годовое значение энергии, вырабатываемое СЭС, равно 677220 кВтч.

Использование энергии, получаемое солнечной электростанцией, может сэкономить средства на энергообеспечение предприятия. Предложенная программа позволяет определить экономическое обоснование проекта.

Для расчета стоимости проекта в программу необходимо ввести следующие данные:

1. Потребление предприятием электроэнергии за год
2. Цена одного киловатт-часа
3. Мощность одной солнечной панели

4. Цена одной солнечной панели
5. Мощность одного инвертора
6. Цена одного инвертора
7. Стоимость деталей крепления и кабелей
8. Часовая тарифная ставка работника
9. Количество работников
10. Районный коэффициент
11. Коэффициент начисления на оплату труда
12. Коэффициент дополнительной оплаты труда
13. Процент отчисления на амортизацию
14. Процент затрат на ремонт оборудования
15. Процент на прочие затраты

С помощью программы получены результаты экономической эффективности от внедрения системы СЭС.

Сравнительный срок окупаемости солнечной установки составит 4,4 года, при этом коэффициент сравнительной экономической эффективности составит 0,23.

Список литературы:

1. Исследования в области энергетики. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nrel.gov/research/publications.html> (дата обращения 15.01.2020).
2. Собственный сайт для расчётов. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.solarpowerdv.ru> (дата обращения 24.02.2020).

РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ АВТОНОМНЫХ СИНХРОННЫХ МАШИН

Пирматов Нурали Бердиёрович

*д-р техн. наук, профессор Ташкентского государственного технического университета,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: npirmatov@mail.ru*

Муминов Махмуджон Умурзакович,

*ст. преподаватель, Ташкентского государственного технического университета,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

THE DEVELOPMENT OF A NON-TRADITIONAL EXCITATION SYSTEM OF AUTONOMOUS SYNCHRONOUS MACHINES

Nurali Pirmatov

*Doctor of Technical Science, Professor of Tashkent State Technical University,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Makhmudjon Muminov

*Tashkent State Technical University,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена использованию ветрогенератора постоянного тока как возбудителя для синхронных машин. Как известно, по принципу работы синхронной машины обмотка возбуждения питается постоянным током. Компрессорные, насосные, дизельно-генераторные установки горной промышленности приводятся во вращении в основном синхронными двигателями, которые находятся в открытом пространстве, где можно использовать ветрогенератор, как источник для питания обмотки возбуждения синхронных машин.

ABSTRACT

The article is devoted to the use of a direct current wind generator as a pathogen for synchronous machines. As you know, according to the principle of a synchronous machine operation, the field winding is powered by direct current. Compressor, pump, diesel generator sets of the mining industry are driven mainly by synchronous motors, which are located in open space, where a wind generator can be used as a source to supply the excitation winding of synchronous machines.

Ключевые слова: ветрогенератор, аккумулятор, постоянный ток, мощность, напряжения, энергия ветра, электромагнитное возбуждение, частота вращения, синхронный двигатель, синхронная машина, источник электроэнергии.

Keywords: wind generator; battery; direct current; power; voltage; wind energy; electromagnetic excitation; rate speed; synchronous motor; synchronous machine; power source.

Энергия ветра человечеством использовалась с древнейших времён. Следы использования энергии ветра сохранились в каменных ветряных мельницах Древнего Египта. До изобретения паровых двигателей энергия ветра использовалась на парусных судах. По расчетам ученых мира запасы ветряной энергии в сотни раз выше, чем энергия потока воды [11].

Согласно классического определения, ветрогенератор или ветроэлектрическая установка (ВЭУ) обеспечивают преобразование энергии ветра в электрическую энергию [3]. Конструктивно данные установки осуществляют преобразование кинетической энергии ветра, за счет установленного ротора, в

механическую энергию с последующим преобразованием в электрическую энергию. Обычная мощность ветрогенератора колеблется от 5 кВт до 4500 кВт, но также возможно генерирование минимальной энергии ветра от 4 м/с. Область применения ветроэлектрических установок позволяет решать проблему автономного обеспечения подачи электрической энергии государственным и социальным объектам, по условиям «зеленого тарифа». В основном это актуально для островных и локальных объектов [1].

Процесс преобразования энергии ветра в ветрогенераторе решается на конструктивном уровне, где

ветряные потоки соприкасаясь и проходя через лопасти, являющиеся частью турбины, приводят ее во вращение. При этом образованная на валу ветротурбины энергия, пропорциональна полученному ветровому потоку, которая передается с вала ротора на мультипликатор, для её генерации. Однако установки, не имеющие в своем составе мультипликатор, являются более эффективными, т.к. отсутствует трата энергии, затраченная ускорение вращения оси. Полученная скорость ветра является достаточной для оптимальной работы ветрогенераторной установки, т.к. ее мощность, измеряемая «ометом» площадью турбины, пропорциональна геометрическим параметрам лопастей [1].

На сегодняшний день существуют два основных типа ветрогенераторов, а именно:

Ветрогенератор с горизонтальной осью вращения – это наиболее распространенная ВЭУ, в составе которой имеются две или три вращающиеся лопасти («немонолитные» установки) с горизонтальной осью вращения ведущего вала ротора (наветренный ротор) или за опорой – подветренный ротор, который в рабочем состоянии может находиться перед опорной стойкой. Скорость вращения лопастей этих установок очень большая, для обеспечения максимального «охвата» ветровых потоков, проходящих через площадь ротора.

Монолитные ветряные установки (модели с большим числом лопастей) применяются, как правило, в качестве водяных насосов, обычно работают при низких скоростях вращения. Однако, количество лопастей у ротора не определяет эффективность работы установки, из-за помех, оказываемых лопастями друг на друга.

Ветряные установки с вертикальной осью вращения (Н-образные) имеют очень широкий диапазон, т.к. благодаря конструктивным особенностям могут «захватывать» ветер, дующий в любом направлении. Эта особенность заключается в возможности смены положения ротора, который можно поменять при смене направления ветровых потоков. Конструктивная особенность Н-образных ветроустановок определяется расположением ведущего вала ротора, он расположен вертикально, а лопасти турбины – длинные и дугообразные, и прикреплены к верхней и нижней частям башни.

Несмотря на внешнее различие в расположении осей вращения – это схожие по конструкции ветряные системы, т.к. при выработке энергии из воздушных потоков ветра кинетической энергии, получаемой при взаимодействии воздушных потоков с лопастями, происходит передача через трансмиссионную систему на электрический генератор энергии, что позволяет обеспечить эффективность работы установки при разных скоростях ветра. Также ветряные генераторы – это наиболее экологически чистый источник энергии. Так в сравнении с дизельной станцией и солнечными батареями, они не выделяют в окружающую среду отходы, доступны по цене и самое главное круглосуточная доступность ветра.

Благодаря особенностям конструктивного исполнения эффективная работа ветроустановок определяется правильной географической установкой. Как правило, это максимально открытые для ветра места, а также горные и прочие возвышенности, прибрежные зоны, степи, открытые пространства. Главным ограничением в установке этих сооружений является удаление их от зданий и невысоких деревьев. Поэтому монтаж рассматриваемых установок в горной, геологоразведочной, нефтяной, а также газовой промышленности, где работы ведутся в основном в открытом пространстве, является хорошей областью исследования для дальнейшего их применения. Все перечисленные промышленные объекты имеют компрессорные, насосные, вентиляторные установки, дизельные генераторы с асинхронными или синхронными двигателями, при этом установки средней и большой мощности применяют синхронные двигатели.

Так подразделения АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» имеет несколько шахт, в том числе шахта «Каульди», где используются три компрессорные установки с синхронными двигателями, из которых две работают круглосуточно, а одна в резерве. На шахте «Каульди», которая расположена в горной местности Восточно-Кураминского хребта скорость ветра достигает более 10 м/с. Характеристики установки, следующие: мощность двигателя компрессоров $P=200$ кВт, напряжения $U=380$ В, напряжения возбуждения $U=33$ В, ток возбуждения $I=150$ А. Проведенная исследовательская работа на данной шахте компрессора показала, что синхронные двигатели в системе возбуждения имеют тиристорные преобразователи. В свою очередь нами предлагается вариант использования, как возбудителя для синхронных двигателей, ветрогенератора постоянного тока.

Применяемые системы возбуждения синхронных машин имеют мощность возбудителя равную 0,3-35% от мощности синхронных машин. При этом возбуждение возможно осуществить как за счет электромагнитного воздействия, так и постоянным магнитом. В случае электромагнитного возбуждения используется устройство-возбудитель – специальный генератор постоянного тока, который питает обмотку. Используемая система возбуждения работает в двух исполнениях – способах воздействия – прямой и косвенный. При прямом методе возбуждения вал синхронной машины напрямую соединен механическим способом с ротором возбудителя, а при косвенном методе вращение ротора используется другой двигатель, например, асинхронная электромашина [2, 12].

В настоящий момент наиболее часто применяют прямой метод возбуждения, но при работе системы возбуждения с мощными синхронными электромашинами в основном работают генераторы независимого возбуждения, на обмотку которых ток подается с другого источника постоянного тока, называемого под возбудителем. Однако несмотря на достоинства рассматриваемой системы: высокая стабильность в работе, более тонкая настройка характеристик есть

существенный недостаток – громоздкость конструкции [3, 13].

Рабочие характеристики и свойства генератора постоянного тока определяются способом питания обмотки возбуждения, при этом существуют следующие типы генераторов:

1) с независимым возбуждением – обмотка возбуждения получает питание от постороннего источника постоянного тока;

2) с параллельным возбуждением – обмотка возбуждения подключена к обмотке якоря параллельно нагрузке;

3) с последовательным возбуждением – обмотка возбуждения включена последовательно с обмоткой якоря и нагрузкой;

4) со смешанным возбуждением – имеются две обмотки возбуждения: одна подключена параллельно нагрузке, а другая – последовательно с ней [4, 5].

Рассмотренные выше типы генераторов имеют схожее устройство, однако у них есть отличие – это выполнение обмотки возбуждения. При этом обмотки независимого и параллельного возбуждения содержат большое число витков, выполненных из

проводов малого сечения; а обмотки последовательного возбуждения, имеют небольшое число витков и изготовлены из проводов большого сечения.

Генераторы малой мощности имеют почти одинаковые свойства с генераторами с независимым возбуждением, которые изготавливают на базе постоянных магнитов [6, 7, 14].

Изучение вопроса и анализ литературы по возбуждению синхронного двигателя компрессора за счет электромагнитного воздействия, позволили сделать рекомендации по электромагнитному воздействию, которое запитывается от ветреного генератора постоянного тока. Это возможно осуществить путем его монтажа вблизи компрессорной установки шахты 'Каульди', где здание компрессорной станции расположено на околоствольном дворе шахты, а сам ветрогенератор необходимо устанавливать на крышах зданий компрессорных станций.

Следует отметить, что автономных синхронных двигателей малой и средней мощности так же возможно применение ветрогенератора постоянного тока с постоянным магнитом как возбудитель [8-10]. При этом система возбуждения синхронного двигателя ветренным генератором постоянного тока представлена на рис.1.

Рисунок 1. Схема системы возбуждения синхронного двигателя ветренным генератором постоянного тока:
 1- обмотка статора синхронного двигателя; 2 - обмотка ротора (возбуждения) синхронного двигателя;
 3- регулировочный реостат; 4- аккумулятор; 5- ветрогенератор постоянного тока

На основании вышеизложенного и опираясь на результаты собственных научных исследований можно сделать вывод о возможности применения ветрогенератора постоянного тока с постоянным

магнитом в качестве возбудителя для автономных синхронных двигателей малой и средней мощности [8].

Список литературы:

1. Ветрогенераторы: принцип действия, типы, применение, эффективность работы. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alterair.ua/articles/vetrogeneratoryi> (дата обращения: 17.10.08).

2. Синхронные машины: возбуждение, устройство, принцип работы. / Remont 220/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://remont-220.ru/stati/605-sinhronnye-mashiny-vozbuzhdenie-ustroystvo-printsip-raboty> (дата обращения: 17.10.08).
3. Синхронная машина: устройство и принцип работы. Заключение. / StudWood / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studwood.ru/1804022/tovarovedenie/zaklyuchenie> (дата обращения: 17.10.08).
4. Генераторы постоянного тока. Характеристики генератора постоянного тока / Файловый архив студентов StudFile. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview> (дата обращения: 17.10.08).
5. Назначение, устройство и принцип работы генераторов постоянного тока. Способы возбуждения и внешние характеристики генераторов. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://life-prog.ru/2_79281_vopros-naznachenie-ustroystvo-i-printsip-raboti-generatorov-postoyannogo-toka-sposobi-vozbuzhdeniya-i-vneshnie-harakteristiki-generatorov.html (дата обращения: 17.10.08).
6. Генераторы постоянного тока. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/16_89316_generatori-postoyannogo-toka.html (дата обращения: 17.10.08).
7. Генераторы постоянного тока. / MegaObuchalka / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/12/29155.html> (дата обращения: 17.10.08).
8. Электротехника. Синхронный двигатель. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrono.ru/elektricheskie-mashiny/sinxronnyj-dvigatel> (дата обращения: 17.10.08).
9. Электрические машины малой мощности. / Мир знаний. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mirznaniy.com/a/322147/elektricheskie-mashiny-maloy-moshchnosti/> (дата обращения: 17.10.08).
10. Синхронные двигатели малой мощности (микродвигатели). / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.szemo.ru/press-tsentr/article/sinkhronnye-dvigateli-maloy-moshchnosti-mikrodvigateli/> (дата обращения: 17.10.08).
11. Безруких П.П. Ветроэнергетика. Справочное и методическое пособие. –М.: ИД Энергия, 2010. – С.320.
12. Абрамович Б.Н., Круглый А.А. Возбуждение, регулирование и устойчивость синхронных двигателей. -М.: Энергоатомиздат, 1983,- С.128.
13. Глебов И.А., Логинов С.И. Системы возбуждения синхронных двигателей. - Л.: Энергия. 1972. –С. 113.
14. Вольдек А.И. Электрические машины. -Л.: Энергия, 1974. –С. 840.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Бараев Марат Асхатович

бакалавр кафедры «Экология и управление водными ресурсами»,
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
Узбекистан, г. Ташкент

Радкевич Мария Викторовна

д-р техн. наук, доцент, и.о. профессора,
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: maria7878@mail.ru

WAYS TO SOLVE THE PROBLEM OF ACCUMULATION OF HOUSEHOLD WASTE

Marat Baraev

Bachelor of the Department "Ecology and Water Resources Management",
Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

Maria Radkevich

Doctor of tech. Sci., Associate Professor, Acting Professor
of Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Накопление ТБО в г. Ташкенте представляет собой серьезную проблему: переработке подвергаются только 16-17 % отходов. Отсутствуют предприятия по переработке пищевых отходов, составляющих 31 % от общей массы. В статье рассматривается возможность локальной переработки органической части путем размещения биогазовых установок на мусоросборных пунктах. Одна установка позволит получать 75 м³ биогаза в сутки. В масштабах всего г. Ташкента объем газа составит 12195,3 тыс. м³/год.

ABSTRACT

The accumulation of solid waste in Tashkent is a serious problem: only 16-17% of waste is recycled. There are no enterprises for the processing of food waste, accounting for 31% of the total mass. The article considers the possibility of local processing of the organic part by placing biogas plants at waste collection points. One installation will allow you to get 75 m³ of biogas per day. On the scale of the whole city of Tashkent, the gas volume will be 12195.3 thousand m³ / year.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, сортировка, раздельный сбор, биогазовая установка.

Keywords: municipal solid waste, sorting, separate collection, biogas plant.

Введение. Одной из насущных проблем современного города является проблема утилизации бытового мусора. Например, в г. Ташкенте, столице Узбекистана, ежегодно образуется более 950 тыс. т. отходов, причем 60% этого количества составляют отходы жилищно-коммунальных хозяйств [1].

Переработка отходов на данное время не налажена должным образом. В Ташкенте насчитывается

58 предприятий по переработке отходов различного вида общей мощностью 150-160 тыс. тонн отходов в год (стеклобой, отходы текстиля и резины, лом черных и цветных металлов, пластмассы, макулатура, человеческие волосы, ртутьсодержащие лампы). Остальная масса отходов вывозится на Ахангаранский полигон и подвергается складированию.

Рисунок 1. Морфологический состав ТБО в Узбекистане

Известно, что полигоны являются опасным источником загрязнения окружающей среды, поэтому во всех развитых странах полигонное захоронение стараются сократить до минимума [2, 3], увеличивая долю перерабатываемых отходов. Для оценки возможностей переработки отходов в Узбекистане рассмотрим морфологический состав ТБО (рис. 1) [4]. Как можно видеть из рис. 1, около 31% ТБО составляют пищевые отходы, то есть органическое вещество, которое может быть использовано для получения энергии.

Анализ возможностей утилизации органических отходов. Превращение отходов в энергию может осуществляться сжиганием и метановым сбраживанием. Сжигание требует строительства специальных инсинераторных установок и выполнения жестких требований по защите окружающей среды от загрязнения продуктами сгорания [2, 5]. С нашей точки зрения, наибольший интерес для Узбекистана представляет технология метанового сбраживания отходов с получением биогаза. Его состав, как и выход, зависит от состава отходов и колеблется в достаточно широких пределах [6]: CH_4 – 55–80%; CO_2 – 15–50%; N_2 – до 5%; O_2 – до 3%; H_2S – до 3%. Кроме газообразного энергоносителя метановое сбраживание позволяет получать высококачественное органическое удобрение, масса которого составляет всего 35–45 % от первоначального объема отходов.

В развивающихся странах широко распространено производство энергии и тепла с помощью биогазовых установок. В Китае насчитывается около 12 млн. хозяйств, которые пользуются биогазовой энергией для освещения, отопления, приготовления пищи, в Индии — 3,7 млн, в Непале — 140 тыс. В ближайшей к Узбекистану стране – Киргизстане – также начато производство биогаза из пищевых отходов [7]: запущенная в Бишкеке биогазовая установка позволяет получать из 1 т пищевых отходов около 150 м³ газа.

Мы предполагаем, что наиболее рациональным будет размещение биогазовых установок непосредственно на мусоросборных пунктах. Это исключит затраты на транспортировку отходов и позволит использовать получаемый биогаз на местах. Обязательным условием является раздельный сбор отходов (выделение пищевых отходов).

Оценка возможности размещения биогазовых установок. Для оценки возможных мест размещения биогазовых установок нами было проведено исследование процессов накопления ТБО на массиве Бадамзар г. Ташкента. Площадь обследованного участка составила 147500 м², на ней расположены группы многоэтажных жилых домов, частные дома и 4 мусоросборных пункта (показаны цифрами 1 – 4 на рис. 2).

Рисунок 2. Карта обследуемого района (массив Бадамзар)

Обследование проводилось на протяжении 2 месяцев. Количество отходов фиксировалось путем выборочного взвешивания. Средний выход отходов от одной квартиры многоэтажного жилого дома составляет 3,2 кг/сут при среднем количестве жителей в одной квартире 2,7 человека. Средняя доля пищевых отходов составила 38,6 %.

На обследуемой территории общее количество квартир в многоэтажных домах составило 1464 единицы. Таким образом, выход ТБО от многоэтажной застройки составляет $1464 \cdot 3,24 = 4\,743,4$ кг/сут, что даёт 1 731 326,4 кг/год. Органическая часть составляет 668 292 кг/год. В частном секторе имеется 27 домов с участками, средний выход отходов от каждого из них составляет 2,3 кг/сутки (суммарный выход 62,1 кг/сут). Годовой объем составляет 22 666,5 кг, из

которых масса органической части 8749,3 кг. Суммарный выход органики, таким образом, составляет 1854,9 кг/сут или 677041,3 кг/год. Очевидно, что такая масса пищевых отходов вполне достаточна для получения биогаза.

Выбор биогазовой установки. Для размещения на мусоросборном пункте биогазовую установку следует выбирать с учетом следующих требований: 1) компактные размеры; 2) возможность подземного размещения; 3) простота эксплуатации. Установки, отвечающие поставленным условиям, производятся в Узбекистане для фермерских хозяйств (рис. 3) и имеют объем 30 м^3 , рассчитаны на загрузку 2 т отходов в сутки и позволяют получить $75\text{ м}^3/\text{сут}$ биогаза [8]. В составе биогаза, получаемый из пищевых отходов, содержится 60-70 % метана [8], т.е. в 1,2-1,4 раза меньше, чем в природном газе.

Рисунок 3. Общий вид биогазовой установки

Таким образом, получаемый объем биогаза по теплотворной способности соответствует приблизительно $57,6\text{ м}^3$ природного газа в сутки или $21\,024\text{ м}^3/\text{год}$. Учитывая, что в настоящее время в г. Ташкенте природный газ отпускается населению из расчета 9-13 $\text{м}^3/\text{чел}$ в месяц (при наличии центрального отопления) [9], предполагаемый объем биогаза достаточен для обеспечения 135 – 195 человек (50 – 72 квартир) в течение года.

Размещение установки должно быть таким, чтобы доставка пищевых отходов от соседних мусоросборных пунктов была удобной. Например, для рассмотренного массива предлагается размещение

биогазовой установки на мусоросборном пункте 3 (рис. 2).

Выводы. Утилизация пищевых отходов непосредственно в пунктах сбора мусора позволит сократить массу и объемы отходов, получить качественное биоудобрение и значительные объемы биогаза.

Поскольку объемы биогаза были рассчитаны для массива площадью $147\,500\text{ м}^2$, а общая площадь городской застройки в г. Ташкенте составляет $855\,600\,000\text{ м}^2$, в масштабах города объемы биогаза, получаемого из бытовых отходов, могут составить 12195,3 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$ (в пересчете на природный газ).

Список литературы:

1. Постановление Президента РУз от 17.04.2019 г. № ПП-4291. Стратегия по обращению с твердыми бытовыми отходами в Республике Узбекистан на период 2019 — 2028 годов. Режим доступа: <https://lex.uz/docs/4291733>
2. Тихоцкая И. Как в Японии решают проблемы утилизации бытовых отходов? // Отечественные записки. № 2 (35) 2007. С. 34-40
3. Ньюбауэр А. Сближение с политикой ЕС по отходам. Краткий путеводитель для стран-партнеров по Европейской политике добрососедства, и России Путеводитель по политике: политика по отходам Европейское Сообщество, 2008. – 34 с.

4. Управление отходами. Официальный сайт Госкомэкологии РУз. (Эл. ресурс). Режим доступа: <http://uznature.uz/ru/activity/view?numer=808>
5. Лунева О.В. и др. Пиролиз – перспективная технология переработки ТБО // Твёрдые бытовые отходы. Отраслевые ведомости М., 2007. №1(19)
6. Wilken D., Rauh S/ at al. Biowaste to biogas. The production of energy and fertilizer from organic waste. Freising, Fachverband Biogas e.V. 68 pp.
7. Эгембердиева Ж. Как общественный фонд превращает пищевые отходы в биогаз // Наука и технологии. 2019. Режим доступа: <https://www.currenttime.tv/a/biogas-trash/29739680.html>
8. Саидова Г.К. Альтернативные источники энергии: возможности использования в Узбекистане. Ташкент: Центр экономических исследований, 2011. – 117 с.
9. Постановление Кабинета Министров РУз «О совершенствовании системы поставки и расчетов за природный газ» № 439 от 21.09.1999. Режим доступа: <https://www.lex.uz/acts/325239>

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 4(73)
Апрель 2020

Часть 2

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@7universum.com
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3
16+