

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башкирцева, Н.Ю. Нефтеперерабатывающий комплекс мира /Н.Ю. Башкирцева – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 6. – С. 63-68.
2. Запасы нефти, газа и угля в разных странах мира: у кого больше и на сколько лет хватит. – Текст электронный. – URL: <https://clc.li/fNwnz> (дата обращения: 19.11.2025).
3. Добыча нефти в мире. – Текст электронный. – URL: <https://golnk.ru/aB4K4> (дата обращения: 19.11.2025).
4. Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ): что это и как работает. – Текст электронный. – URL: <https://clc.li/Wbzqf> (дата обращения: 19.11.2025).
5. Нефтеперерабатывающие заводы мира: Полная база данных. – Текст электронный. – URL: <https://clc.li/JkcJG> (дата обращения: 19.11.2025).
6. Мировые мощности НПЗ, по странам-лидерам. – Текст электронный. – URL: <https://clc.li/iUoQS> (дата обращения: 19.11.2025).

УДК 621.181

**Подоплелов Евгений Викторович,**

*к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Машины и аппараты химических производств»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: uch\_sovet@angtu.ru*

**Дементьев Анатолий Иванович,**

*к.т.н., доцент, профессор кафедры «Машины и аппараты химических производств»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: anatdementev@mail.ru*

**Абрамов Артем Романович,**

*студент ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: artemabramov562@gmail.com*

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

*Podoplelov E.V., Dementev A.I., Abramov A.R.*

## ON THE EFFECTIVENESS OF USING WATER-SOLUBLE EMULSIONS

**Аннотация.** В работе представлена установка для получения водомазутной эмульсии. Доказано и экспериментально подтверждено, что наличие воды в топливе в тонкодисперсном состоянии приводит к явлению так называемого «микровзрыва», который вызывает вторичное более интенсивное дробление топлива и более полное перемешивание его с окислителем.

**Ключевые слова:** водотопливная эмульсия, мазут, микровзрыв, диспергатор.

**Abstract.** The work presents a device for producing a water-fuel oil emulsion. It has been proven and experimentally confirmed that the presence of water in the fuel in a finely dispersed state leads to the phenomenon of so-called "microexplosion", which causes a secondary, more intense fragmentation of the fuel and a more complete mixing of it with the oxidizer.

**Keywords:** water-fuel emulsion, fuel oil, microexplosion, dispersant.

Экономия энергоресурсов является важнейшей задачей не только в нашей стране, но и во всём мире. В настоящее время на нефтеперерабатывающих и других производствах в качестве топлива используется главным образом мазут. В то же время растёт глубина переработки нефти, вследствие чего рациональное использование мазута может быть задачей ближайшего будущего. Известно, что добавка воды в мазут в

виде тонкой дисперсии улучшает процесс горения [1]. Проблема использования водотопливных эмульсий (ВТЭ) насчитывает более ста лет с момента своего возникновения. За этот период сформирован обширный массив теоретических и практических данных, охватывающих различные аспекты данного направления. Согласно сведениям, приведённым в работах [1], первые попытки улучшения сгорания нефти за счёт добавле-

ния воды были предприняты ещё в Астраханской губернии. Начиная с 1920-х годов в различных странах активно велась патентная деятельность в области совместного применения топлива и воды. Было зарегистрировано значительное число патентов, посвящённых использованию таких смесей в тепловых двигателях, котлах и других энергетических установках.

Одним из главных свойств ВТЭ является размер (диаметр) капель воды. В литературе этот диаметр, как в экспериментах, так и при анализе физических моделей горения ВТЭ, принимается от 1 мкм и существенно выше. При этом имеются определенные трудности в расчетах по определению времени прогрева капель, времени до разрыва капель ВТЭ паровой фазой микрокапель воды и времени сгорания ВТЭ. Существует устоявшееся представление о механизме микровзрыва капель ВТЭ. Согласно этой концепции, процесс включает следующие этапы:

- нагрев капель воды в ВТЭ до температуры кипения;
- кипение воды с интенсивным образованием пара;
- первый микровзрыв (разрыв) капель ВТЭ вследствие парообразования;
- возможные разрывы (взрывы) вто-

ричных капель;

- серия последовательных взрывов.

Эта модель в целом подтверждается как теоретическими расчётами, так и экспериментальными наблюдениями.

В данной работе теоретически доказано и экспериментально подтверждено, что наличие воды в топливе в тонкодисперсном состоянии приводит к явлению так называемого «микровзрыва», который вызывает вторичное более интенсивное дробление топлива и более полное перемешивание его с окислителем. В результате в 2–3 раза уменьшается сажеобразование и снижается выброс экологически вредных веществ в атмосферу. Исследования показали, что добавка 10 % воды в мазут практически не влияет на температуру горения. В то же время повышение влагосодержания продуктов сгорания ведёт к увеличению коэффициента теплоотдачи за счёт излучения примерно на 10 %. Таким образом, добавка воды в мазут экономически и экологически выгодна, и задача заключается в соответствующей подготовке водомазутной эмульсии перед подачей её на сжигание.

Предлагается достаточно простая проточная схема с непрерывнодействующим узлом смешения, изображённая на рисунке 1.

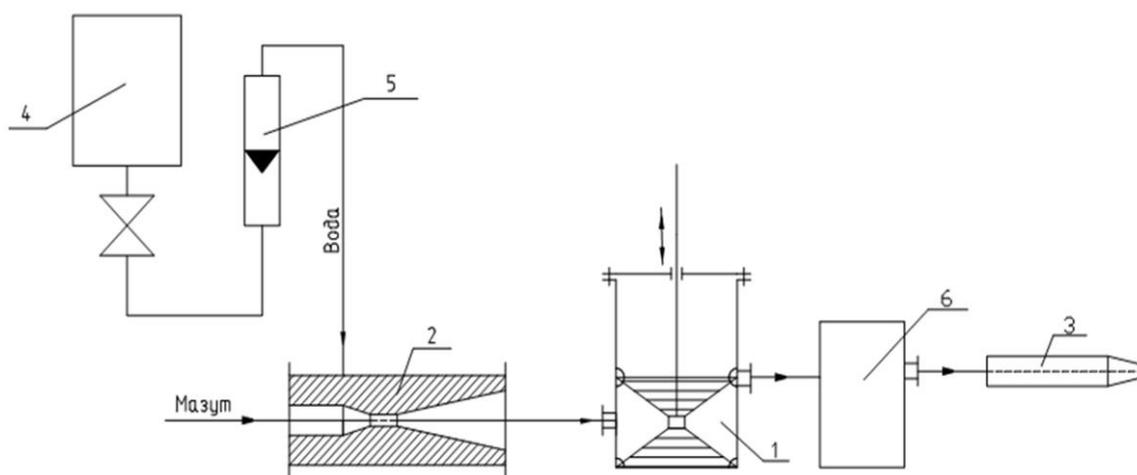


Рисунок 1 – Схема установки для получения водомазутной эмульсии:

- 1 – аппарат с вибромешалкой (диспергатор); 2 – инжектор; 3 – форсунка; 4 – напорный бачок; 5 – ротаметр; 6 – сборник топливной эмульсии.

Для лучшего диспергирования воды в мазуте потоки первоначально грубо перемешиваются в инжекторе. Это исключает обра-

зование крупных включений воды, которые впоследствии пришлось бы дробить перемешивающим устройством, что увеличило бы

время эмульгирования. Также достоинством данной схемы является наличие комплекса «диспергатор и инжектор», что исключает необходимость установки специального насоса для подачи воды [2]. Вода поступает в напорный бак, что исключает случайное попадание мазута в водную магистраль.

Перемешивание осуществляется в аппарате с пружинной вибромешалкой (диспергаторе) [3], в котором в качестве уплотнения можно использовать двойное сифонное уплотнение (рисунок 2). Это уплотнение обеспечивает высокую степень герметизации аппарата при малых потерях энергии на приводе.

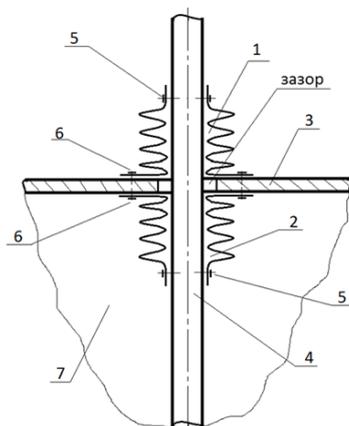


Рисунок 2 – Двойное сифонное уплотнение: 1 – верхний сифон; 2 – нижний сифон; 3 – крышка; 4 – шток; 5 – крепёж сифона к штоку; 6 – крепёж сифона к крышке; 7 – полость аппарата.

В уплотнении используются два зеркально установленных относительно крышки сифона. Верхняя часть верхнего сифона и нижняя часть нижнего сифона закреплены на штоке, а нижняя часть верхнего сифона и верхняя часть нижнего сифона закреплены на крышке. Полости сифонов соединены между собой через зазор между штоком и крышкой. В нижний сифон заливается определённый объём жидкости, с помощью которого благодаря возвратно – поступательному движению штока, при сжатии сифона вследствие сжатия воздуха повышается давление внутри него, что предотвращает деформацию гофр сифона и способствует качественному уплотняющему эффекту.

Малая жёсткость стенок сифонов позволяет значительно снизить потери мощности в уплотнении и соответственно снизить общие затраты энергии приводного механизма, передаваемого возвратно-поступательные перемещения необходимой частоты и амплитуды рабочему органу, в данном случае виброперемешивающему устройству.

В работе были проведены исследования процесса получения качественной эмульсии. Плотность компонентов и смеси приведена в таблице 1.

Опыты проводились в условиях, близких к реальным, а именно, при температуре 60 – 80 °С и содержании воды в мазуте 10 %. Наблюдения проводились визуально и с помощью микрофотографирования через 10, 15 и 20 с перемешивания. Перемешивание в течение 10 с обеспечивает наличие сравнительно крупных капель воды в мазуте, в то же время при смешении в течение 15 и 20 с получаемая эмульсия значительно тоньше и максимальные размеры капель не превышают 15 мкм. Сравнение микрофотографий, выполненных через 15 и 20 с перемешивания не обнаружили существенной разницы в размерах и распределении частиц. Поэтому можно принять необходимое время получения водомазутной эмульсии 15 с.

Таблица 1 – Плотность воды, мазута и смеси при различных температурах

Температура, °С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		
	Воды	Мазута	Смеси
20	998	915	924
40	992	900	909
60	983	891	900
80	976	879	889

При производительности форсунок 600 – 700 л/ч достаточно иметь рабочий объём диспергатора 3 л с диаметром корпуса 0,15 м.

Таким образом, в работе разработана схема установки для получения топливной эмульсии, позволяющая экономить топливо. Акцентировано внимание на устройстве диспергирующего устройства, которое может обеспечить интенсивное перемешивания при малых расходах мощности привода, имея высокую степень герметизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Комиссаров, Л.А.** О перспективах применения обводнённых топлив в виде эмульсий на тепловых электростанциях / Л.А. Комиссаров, В.М. Иванов, Б.Н. Сметаников, В.С. Леванский // В кн.: Новые методы сжигания топлива и вопросы теории горения. – М.: Наука, 1972. – С. 103 – 111.

2. **Соколов, Е.Я.** Струйные аппараты /

Е.Я. Соколов, Н.М. Энгер. – М : Энергоатом издат, 1989. – 352 с.

3. Патент № 2586233 Российская Федерация, МПК F16J 3/04 (2006.01). Двойное сильфонное уплотнение : 2015106756/06 : заявл. 26.02.2015 : опубл. 10.06.2016 / Салькова А.Г., Прокопьев А.А., Подоплелов Е.В. ; заявитель АНГТУ. – 9 с.

УДК 66.021

*Подоплелов Евгений Викторович,*

*к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Машины и аппараты химических производств»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: uch\_sovet@angtu.ru*

*Дементьев Анатолий Иванович,*

*к.т.н., доцент, профессор кафедры «Машины и аппараты химических производств»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: anatdementev@mail.ru*

*Авраменко Станислав Андреевич,*

*студент ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: artemabramov562@gmail.com*

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ УТИЛИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ АМИНОВ**

*Podoplelov E.V., Dementev A.I., Avramenko S.A.*

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF WASTE GAS DISPOSAL IN THE AMINE  
PRODUCTION**

**Аннотация.** В работе предложен способ повышения эффективности установки утилизации технологических газов в производстве аминов, позволяющий снизить количество стоков.

**Ключевые слова:** аммиак, амины, десорбция, стоки.

**Abstract.** The paper proposes a method for increasing the efficiency of process gas utilization in the production of amines, which reduces the amount of wastewater.

**Keywords:** ammonia, amines, desorption, and wastewater.

АО «Ангарская нефтехимическая компания» является одним из ведущих в России производителей товарных метиламинов. Производство метиламинов было введено в эксплуатацию в 1960 г. и за это время не подвергалось существенным реконструкциям. Низкая эффективность работы действующего оборудования производства метиламинов по сравнению с зарубежными аналогами и меняющаяся конъюнктура рынка товарных аминов в РФ обуславливают необходимость анализа работы оборудования и разработку мер по повышению его эффективности.

Производство метиламинов предназначено для получения товарных продуктов:

монометиламина, диметиламина и триметиламина. Метиламины получают в промышленности каталитическим аминированием метилового спирта. Синтез метиламинов протекает при температуре до 435 °С и давлении 5,0 МПа на катализаторе, представляющем собой активную окись алюминия с добавкой диоксида кремния. В процессе реакции одновременно образуются все метиламины. Разделение реакционной смеси с извлечением монометиламина, диметиламина, триметиламина и метилового спирта производится методом ректификации. Получаемые после процесса ректификации технологические газы, в состав которых входят амины, аммиак, оксид углерода, метан и азот, необ-