

## **Анализ схемы модернизации топливной системы дизельных генераторов в связи с переходом с использования дизельного автомобильного или дизельного маловязкого топлива на тяжелое ( корабельное ) топливо.**

**Примечание** – Это, формально - концептуальный анализ, для специалистов по проектированию таких модернизаций. Этот анализ выполнен, с учетом накопленного нами опыта в установке и/или испытаниях систем подготовки судового и дизельного топлива типа TRGA для судовых дизелей и наземных дизельных генераторов большой мощности.

Никаких жестких указаний, никакой излишней дипломатии, только рассуждение вслух и предоставление информации для проектировщиков таких систем.

**0. Введение.** Приведенный ниже рассуждения, основываются ( **рекомендуем предварительно изучить** ) на таких полученных результатах.

- 1. Пилотный проект** по тестированию системы предварительной подготовки корабельного топлива на малооборотных судовых корабельных дизелях ( Бельгия 2011-2012).
- 2. . Официальное заключение** лаборатории концерна INA, Загреб, Хорватия о характере изменений в корабельном топливе до и после обработки на системе TRGA.
- 3. Официальный итог испытаний, подписанный судовладельцем, испытательной лабораторией и рецензентом – Лист01, Лист02.**
- 4. Всем кому читать долгие документы лень, быстро, наглядно и со ссылками могут прочитать все существенные факты тут в презентации.**
- 5. А так же посмотреть фильмы ( визуальная разница работы корабельного дизельного двигателя ) на исходном и обработанном корабельном топливе. Фильмы01, Фильмы02.**
- 6. Все это настолько серьезно, что мы получили международный Сертификат TYPE APPROVAL Certificate IACS. в 2014 году ( информация о Сертификате тут ).**
- 7. Все это нормально подтвердилось в течении 2-х лет эксплуатации в РФ ( краткий отчет тут ).**

Таким путем, если Вы все это спокойно прочитали, или если Вам лень, то только документы по пунктам 4 и 7, то будем считать, что мы говорим на одном языке и можем рассуждать вместе.

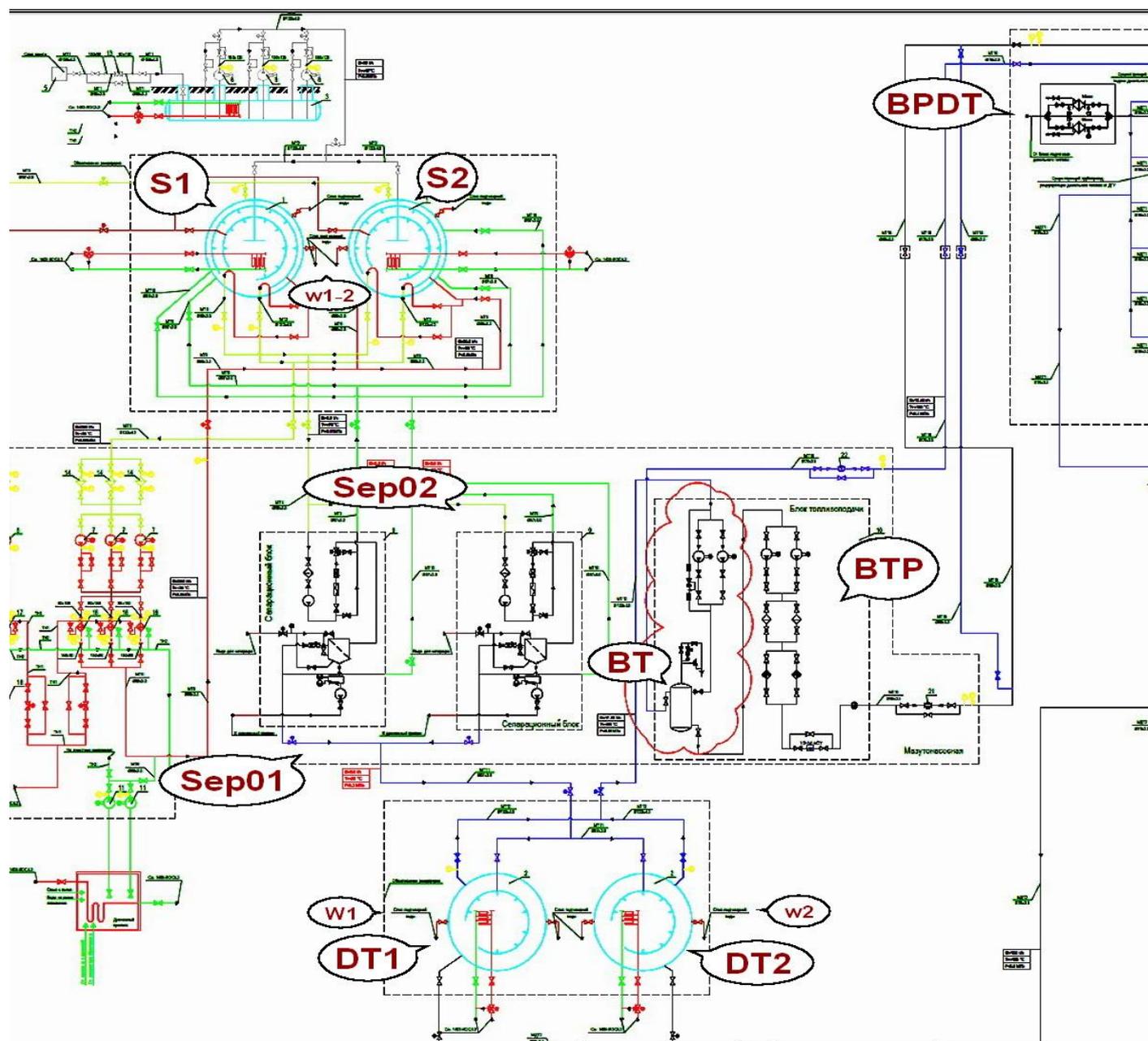
Все конструктивные мысли с Вашей стороны приветствуются и будут с благодарностью и внимательно рассмотрены. Идеи и предложения можно отправлять мне ( Андрей Рубан [5183898@list.ru](mailto:5183898@list.ru) ) или моему коллеге, с кем Вы обсуждаете этот проект в настоящий момент.

**Перейдем к Анализу.**

**1. Концептуальный проект** схемы замещения легкого дизельного топлива на корабельное топливо (исходный, предоставленный нам вариант). Используем международную терминологию :

1. Сетлинг Танк – емкость для хранения и отстаивания топлива от воды.
2. Сервис Танк или Дей Танк – емкость в которую поступает топливо после отстаивания и прохождения сепаратора.
3. Буфер Танк – емкость для плавного перехода с легкого на тяжелое топливо и обратно.

Фото 1. Общая схема, с нашими отметками.



Ваша идеология топливоподготовки, в упрощенном варианте, выглядит так :

1. Исходное топливо находится в двух Сетлинг Танках **S1** и **S2**.

Имеются встроенные подогреватели. Температура хранения 20 ( ? ) градусов.

Емкости оборудованы для слива конденсатной воды ( w1-2). В емкости поступает обратка от котла с температурой 90 ( ? ) градусов.

2. Из этих емкостей, через подогреватель ( не указан на схеме ), обеспечивающий подогрев топлива до температуры 70 ( ? ) градусов ( вероятно рабочая температура сепараторов Альфа-Лавль), через ФГО, топливо поступает на Блок Сепарации, который состоит из 2-х параллельных сепараторов Альфа-Лаваль. ( **Sep01, Sep02** ).

Зачем подается «вода для сепарации» я не знаю, но вижу, что часть топлива после сепаратора попадает в дренаж, т.е. отходы... Практика судов в ЕС – 2% от судового кондиционного топлива типа RME-180 ( Вязкость 140 – 180 сСт ) отбрасывается сепаратором в шлам. Это чистая потеря топлива.

А давайте посмотрим характеристики RME-180 и качество топлива, на которое предполагается переход ? ( пример – [топливо RME-180 до и после обработки на системе TRGA исходное, после обработки, сравнительная таблица](#) и приведем сравнительную таблицу)

Sample received: **11.04.2013**

Lab. ID number: 1130001148

**Fuel sample F-RME180**

Date: 7.5.2013

Analysis ordered by: BIMONT d.o.o.  
Senčna ulica 19, 6310 Izola, Slovenia  
For: Mr. Trošt, Mr. Štok

[www.energy-saving-technology.com](http://www.energy-saving-technology.com)

Property	Unit	Test method	Date	Measur. uncertainty	0	1	2	3
Density at 15 °C	kg/m3	EN ISO 12185:98	17.4.13	1,2	942,2	939,7	939,7	939,7
Density at 50 °C	kg/m3	EN ISO 12185:98	17.4.13	1,2	919,2	916,6	916,6	916,7
• Viscosity at 50°C	mm/s2	EN ISO 3104:98	19.4.13	5,2%	144,7	133,9	139,6	122,8
• Carbon residue	%(m/m)	EN ISO 10370:98	17.4.13	0,59	7,29	7,52	6,80	7,16
• Ash content	%(m/m)	EN ISO 6245:03	23.4.13	0,003	0,029	0,026	0,027	0,036
• Water content (by distillation)	%(m/m)	ISO 3733:99	18.4.13	0,1	0,60	<0,05	<0,05	<0,05
• Pour point	°C	ISO 3016:96	16.4.13	3	15	9	6	9
• Heat of combustion - net	MJ/kg	ASTM D 4868:10	7.5.13	0,07	40,70	41,10	41,40	41,09
Water and sediments (centrifuge)	%(V/V)	ISO 3734:97	19.4.13	0,10	0,50	0,50	0,10	0,10
Vanadium content	mg/kg	PML.I.14597:97	7.5.13	9	87	86	86	86
Nickel content	mg/kg	PML.I.14597:97	7.5.13	6	30	29	29	29
					stand	no add	no add	+1 add
<b>Not accredited</b>								
• Flash point, PM - info	°C	EN ISO 2719			128,5	118,5	116,5	160,5
Elements, WD-XRF								
Sulphur	%(m/m)	PML.0716.+18.			1,553	1,528	1,521	1,540
• Aluminium	mg/kg	PML.0716.+18.			5	<1	2	3
• Silicium	mg/kg	PML.0716.+18.			10	4	6	7
• Iron	mg/kg	PML.0716.+18.			23	22	24	24
	mg/kg							

Analysis Supervisor  
Andreja Gregorc, dipl.ing.

Head of Laboratory  
Manja Moder, M.Sc.Chem.

**PETROL, d.d., Ljubljana LABORATORY PETROL**

Zaloška 259, 1260 Ljubljana, SLOVENIJA, tel.: +386 1 586 35 00, fax.: +386 1 586 35 02

**Legend :**

А вот и качество топлива на которое предполагается переход и сравнительная таблица.

ТУ на поставку мазутного топлива по объекту: Горно-обогатительный комбинат на месторождении алмазов им. М.В. Ломоносова. Газодизельная электростанция с резервуарным парком и инженерными сетями.

№ п/п	Вид испытаний	Требования	Примечание
1.	Кинематическая вязкость при 50 °С	не более 700 сСт	
2.	Кинематическая вязкость при 100 °С	не более 55 сСт	
3.	Плотность при 15°С	не более 1,010 г/мл	
4.	Температура вспышки в закрытом тигле	не ниже 60 °С	
5.	Температура застывания	не выше 30 °С	
6.	Коксуемость по Конрадсону	не более 20 %	
7.	Содержание серы	не более 2,5 %	
8.	Зольность	не более 0,15 %	
9.	Содержание ванадия	не более 350 мг/кг	
10.	Массовая доля воды	не более 4 %	
11.	Осадок горячего фильтрования	не более 0,1 %	
12.	Содержание алюминия и кремния	не более 60 мг/кг	
13.	Кислотное число	не более 2,5 мг КОН/г	
14.	Содержание сероводорода	не более 2 мг/кг	
15.	Отработавшее смазочное масло	не допускается	
16.	Содержание асфальтенов	не более 2/3 коксового остатка (по Конрадсону)	
17.	Содержание натрия	не более 100 мг/кг	
18.	Теплотворная способность	не менее 39900 кДж/кг	

Примечание: Топливо не должно содержать примеси, полученные из неминеральных масел, таких как растительное или каменноугольное масло, а также дегтярное масло и (отработавшее) моторное масло или отходы химической промышленности, например, растворители или полимеры.

№	Параметр	Стандартное RME-180	Мазут ГОК	Примечание
1	Вязкость при 50 град.Ц.	144.7	не более 700	А не менее ???
2	Вязкость при 100 град. Ц.	-	не более 55	
3	Плотность при 15 град.Ц.	942.2	1.010	
4	Температура застывания	15	30	В сетлинге +20 ?
5	Температура вспышки	128.5	60	На схеме в трубах подачи 150 град.... бомба...
6	Сера	1.553	2.5 %	медленная смерть ДВС... модуль TRGA частично решает эту проблему *
8	Зольность	0.029 %	0.15 %	медленная смерть ДВС... модуль TRGA частично решает эту проблему **
9	Ванадий	87	350	медленная смерть ДВС...
10	Кремний и Алюминий	10 + 5 =15	60	медленная смерть ДВС...
11	Коксуемость	15	20	

Уверен, что верить данным производителя мазута нельзя. Врут, как и все как и везде... но даже и с такими характеристиками ...

- нагрев мазута в магистралях до температуры выше чем температура вспышки – опасно.

- сера будет убивать плунжерные пары и убивать присадки в моторном масле.

Но частичное решение есть. Эффект – при обработке на TRGA мазута с водой, **часть** ( до 20% ) сернистых соединений переходит в нерастворимые соли ... ( анализ имеется. Сербия, TRGA, TE-TO, Белградский Политехнический университет).

- ванадий при сгорании в ДВС образует тугоплавкий окисел Ванадия, который разрушает поршневую группу с прочностью алмаза...

*« в минеральной массе мазута присутствует значительное количество различных металлов, в том числе и ванадия. Ванадий сосредоточивается в нефтяных смолах, асфальтенах, являющихся и основными серосодержащими компонентами. Окислы ванадия вызывают как низкотемпературную так и высокотемпературную, при 600-700оС, коррозию металлов, приводящую к разрушению поверхностей нагрева, уплотняющих поверхностей выпускных клапанов и лопаток газовых турбин.»*

<http://www.afuelsystems.com/ru/trga/s1.html>

Но частичное решение есть. Эффект – при обработке на TRGA мазута с водой, часть соединений Ванадия переходит в гидроокислы, которые не образуют тугоплавкие оксиды ... ( анализ имеется. Одесса, СССР ).

= кремний и алюминий. Это **Ж...А**. Это прямое убийство ДВС. Для информации, большая часть торгового флота Хорватии, покупает RME-180 с максимальным содержанием Si и Al в США, по причине низкой цены. Общая практика – 2 недели на оседание в топливных баках хранения, удаление осадка и только потом использование в корабельных ДВС. Сжигание без отстаивания – убивает ДВС.

Но частичное решение есть. Эффект – при обработке на TRGA мазута с водой, часть соединений Si и Al уменьшаются в размерах ( [анализ](#) имеется. Загреб, Хорватия ).

### **Промежуточный Вывод 01 :**

Сепаратор Альфа-Лаваль отбрасывает до 2% топлива в шлам. Не изменяет содержания Серы, Ванадия, Кремния и Алюминия в топливе... но вероятно устраняет сгустки топлива, отбрасывает асфальтены ( которые можно было бы перемолоть и использовать как топливо ) и воду в шлам-танк.

Я не враг сепаратору, тем более, что ни МАНН ни ВЯРТСИЛЯ все одно не позволят использовать их ДВС без сепаратора, однако обязан информировать, что имею практическую диссертацию из СССР, где было доказано что хороший гомогенизатор на 95% справляется с задачей, которая ставится перед сепаратором по очистке топлива, а точнее доведения его до необходимых безопасных параметров для ДВС.

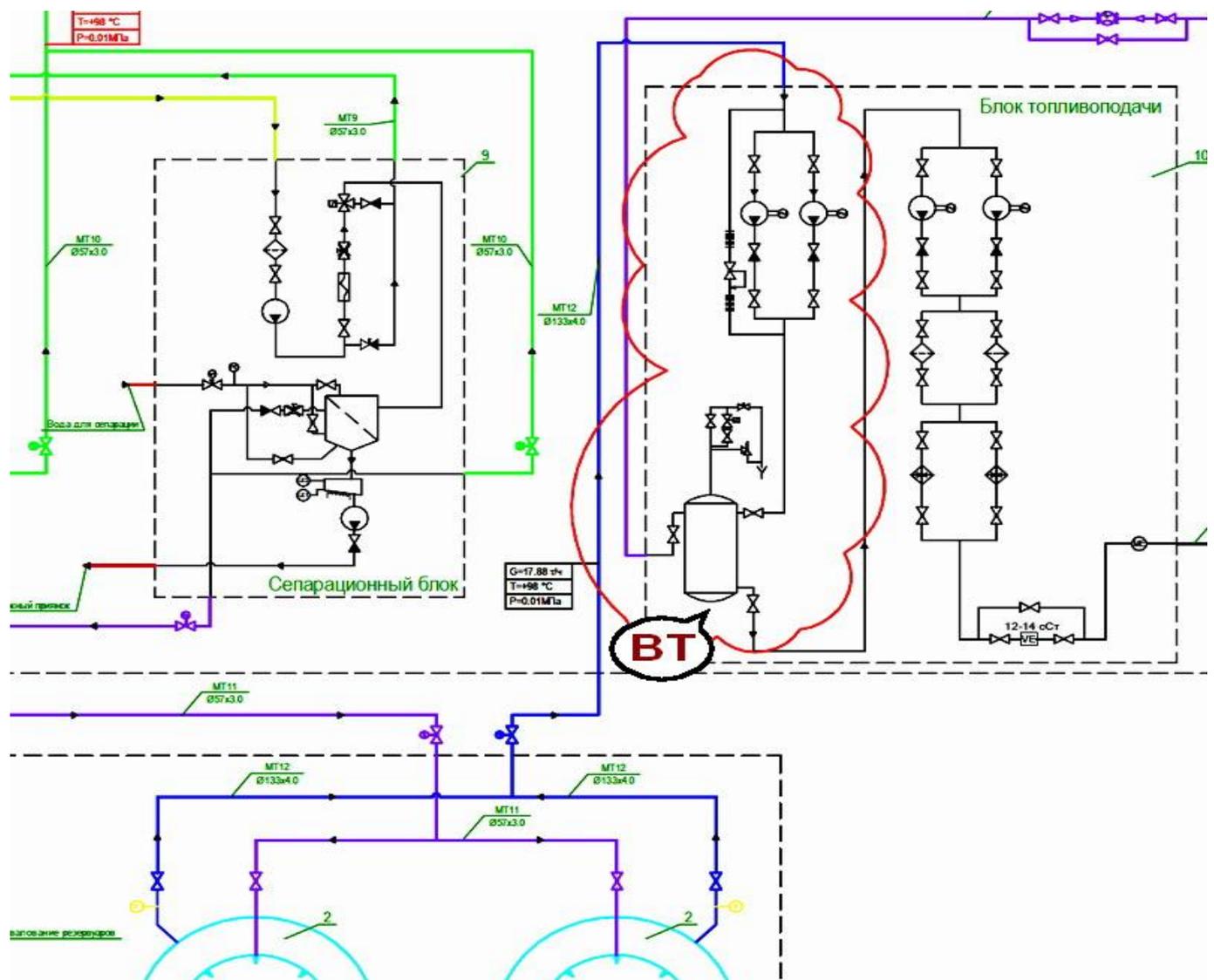
И бесспорно, использование Гомогенизатора, позволяет **ЗНАЧИТЕЛЬНО** снизить износ сепаратора и ( цитата из диссертации ) « *во исполнении решения 23 Съезда КПСС, снизить валютные расходы на ремонт и комплектующие к технике, которые производят враждебные империалистические государства* »

Я не говорю о том, что гомогенизация топлива устройство TRGA, снижает вязкость топлива на **8% - 15%**, что принципиально недостижимо для сепаратора. ( Доказательство по ссылкам )

=====

**3.** Далее, после сепаратора топливо поступает в **Дей Танк 1 и 2 ( DT1 и DT2 )**. Туда очищенное топливо. Однако эти емкости снабжены магистралями для слива конденсатной воды. ( сепаратор не удалил всю воду ?). Температура топлива в этих емкостях **НЕ** указана. На выходе – 98 градусов. Что больше температуры вспышки топлива. Это опасно.

**4.** Далее, из этой емкости, топливо поступает в « **Блок Топливоподачи** », который содержит, Буфер Танк, дополнительные фильтра и, то ли вторичные фильтра, то ли подогреватели ( трудно понять по схеме). Опять фильтра ... При такой стоимости сепаратора, мне не ясно зачем чистить обработанное им топливо дополнительными фильтрами ....



Исходящее топливо контролируется вискозиметром, который должен управлять температурой подогрева топлива... При этом температура топлива в ВТ – не указана.

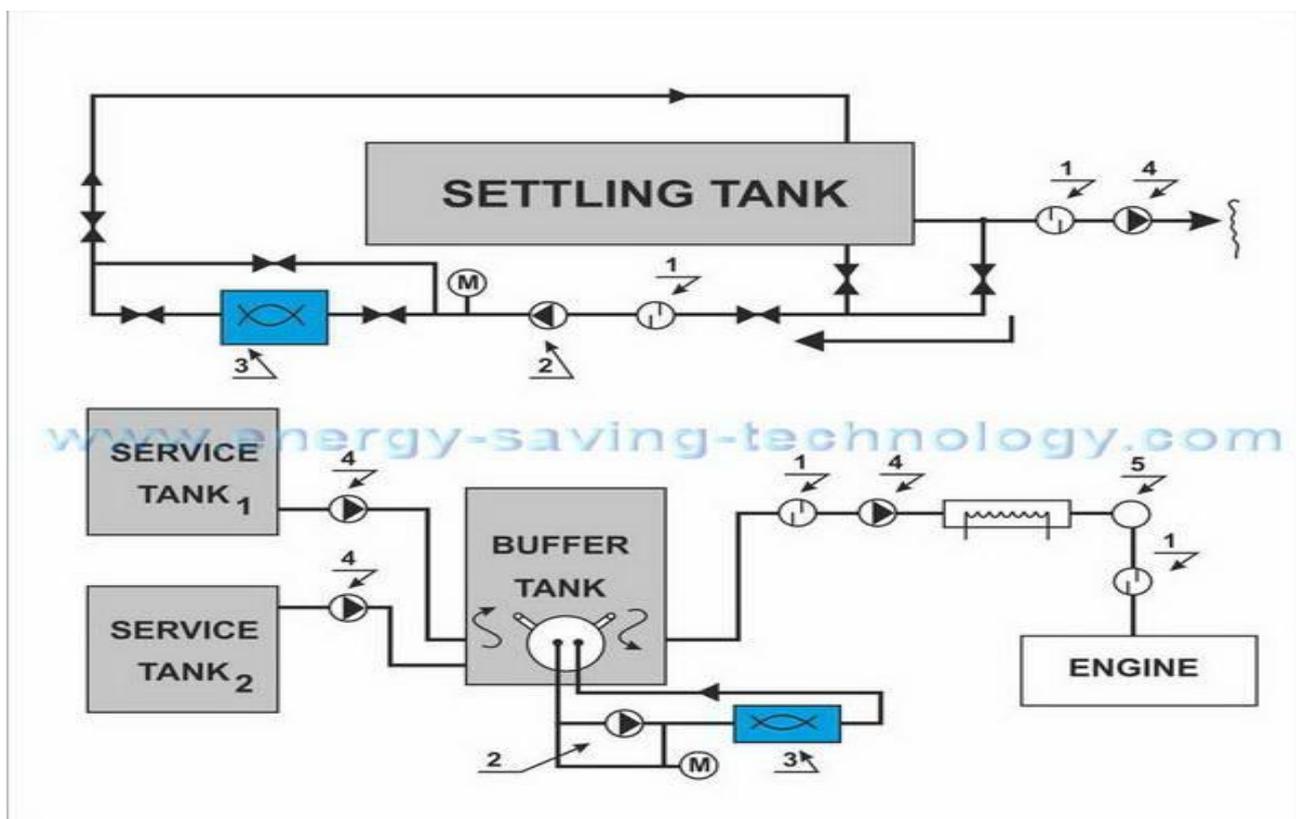
**Буфер Танк.** Отличная штука, которая применяется на флоте более 50 лет. Минимальная емкость 30% от часового потребления ДВС (примерно). Его назначение – трудно переоценить.

Вы не заведете корабельный или генераторный ДВС на тяжелом топливе. ДВС заводят на дизельном топливе или СМТ. И только потом, с помощью Буфер Танка, перекрывая вентиль подачи ДТ и открывая вентиль подачи Мазута, плавно без тепловых скачков, осуществляется медленный переход на мазут.

ДВС нельзя останавливать на мазуте. Температура сгорания мазута выше, чем на ДТ, если остановить ДВС на мазуте - возникает эффект «теплого шока». Переход с мазута на ДТ осуществляется с помощью БТ, перекрывая вентиль подачи мазута и открывая вентиль подачи ДТ. Замещение топлива осуществляется плавно, температура ДВС падает, его переводят на холостой ход, температура еще падает и только потом ДВС отключают. Для примера. Температура выхлопа ДГ на 5 кВт, при полной нагрузке, – 280-310 градусов, а после 5 минут холостого хода – 150 градусов.

Плавность перехода (время замещения топлива) определяется объемом БТ, который обычно составляет 20-30% от часового потребления ДГ, но не меньше ...

Одновременно БТ – отличное место для установки гомогенизатора, что проверено практической эксплуатацией модулей TRGA на судне. [На этой странице все расписано подробно.](#) Тут же и использованные схемы, которые уместно показать. (нижняя схема)



Нижняя схема – обратите внимание, вход в БТ осуществляется с ДТ с мазутом и с ДТ, и уже

после БТ, стоит дополнительный фильтр (никто в мире не верит в полную надежность сепараторов), финишный подогреватель и вискозиметр-автомат ...

**Вечный вопрос – можно ли устанавливать модуль гомогенизатор на Сетлинг Танке ?** (верхняя схема на верхнем фото). Мы вели эту дискуссию с Гл. Инженером фирмы ВЯРТСИЛЯ и с тех отделом фирмы МАНН. Их логика основывается на мнении Альфа-Лаваль, что сепаратор не может разделять ВМЭ из топлива и остатков воды.

Вместе с тем, известно, что А-Л разрабатывает новые версии сепараторов которые предназначены для сепарации топлива и ВМЭ.

Вместе с тем, система TRGA успешно проработала год на корабле в составе 2 модулей, одни на СТ и один на БТ и при ревизии ДВС никаких отклонений не было обнаружено.

The overall results of the use of ship's modules TRGA testing on ro-ro ship Larkspur "from 19 to 22 08. 2012

	Operation on the standard fuel	Using module TRGA only on the buffer tank	Using module TRGA only on the settling tank	Using module TRGA on the buffer tank and on the settling tank
<b>The main observed effects</b>				
Flue gas temperature St. (C)	325	356	353	368
	326	356	347	370
	337	357	353	370
Level CO	100%	- 3.8 – 6.4 % -5.27 – 6%	-6.47 – 10.39%	<u>-10 – 14.97 %</u> <u>-12.34 – 13.67</u>
Visual amount of smoke length in meters of water followed	100% at startup – a lot of smoke during the driving 30-80 meters	at startup – less for 30% during the driving 5-40 meters	<u>at startup – less for 40%</u> <u>during the driving 5 - 10 meters</u>	at startup – less for 30% during the driving 5 - 20 meters
The amount of fuel sludge from the separator	0.692 tonnes per day  Of which the fuel is 415 kg	0.692 tonnes per day  Of which the fuel is 415 kg	0	0
	1	2	3	4

**Additional effects of the installation of ship modules TRGA**

1. Additional heating fuel. TRGA modul provides heating fuel in a buffer tank on the temperature of 85-90 degrees, what reduces the viscosity of the fuel, using fuel or high binding in the case of poor fuel heaters lining the resin, which is the build-up. TRGA module provides heating fuel in settling tank so that the fuel is heated to 5 ° C in a streaming through the module.
2. Reducing the amount and size of solid particles in the fuel directly affects the speed and reduce the amount of fuel sludge to collection tanks for fuel mud tank and, in addition to direct fuel saving, provides cost generated by the fuel acquisition sludge by the port services.
3. Reducing the amount and size of solid particles in the fuel has a direct impact on the reduction of wear separator and saving in the cost of its repair and maintenance.

Важно так же и то, что установка TRGA ПЕРЕД А-Л сепаратором перемалывает все сгустки, смолы и асфальтены, снижает количество и физический размер механических примесей и снижает количество шлама, который отбрасывает сепаратор на 95% это доказанный факт. Это прямая экономия 2 % топлива.

Кроме того, в соответствии с таблицей результатов пилот - проекта, (таблица) ясно, что

2/3 общего эффекта дает модуль TRGA, который установлен на СТ, и

1/3 общего эффекта дает модуль TRGA, который установлен на БТ.

Тот же эффект, по критериям – экономия ДТ, надежность и безопасность на ДВС – получен в Охотске, в течении 2 лет эксплуатации, а там стоит 6 модулей TRGA....

Пара гомогенизаторов TRGA ( один на сервис танке, второй на БТ ) не даст расслоится ВМЭ, которая получается из остатков воды и годовая практика работы – лучший аргумент.

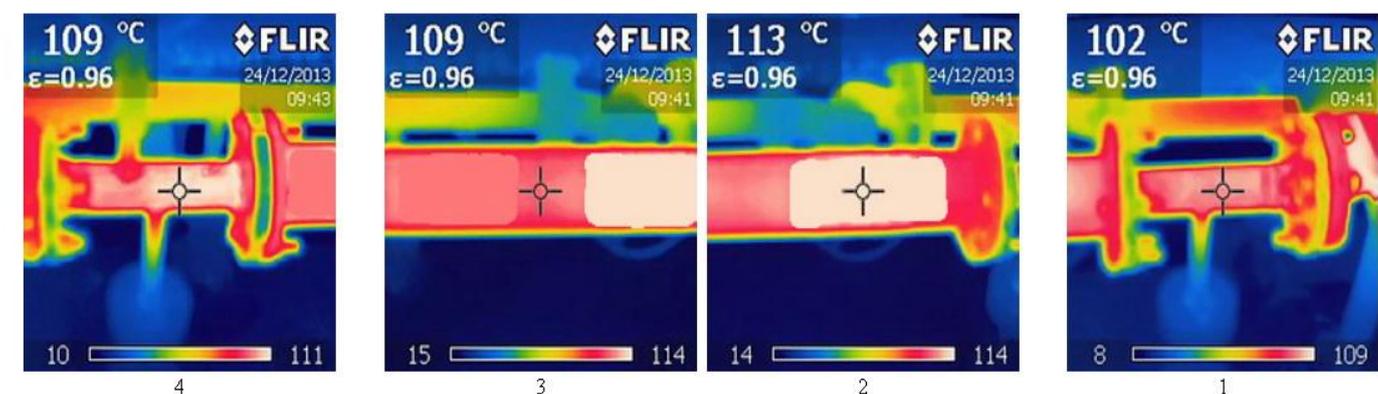
Обрабатывая топливо в СТ – мы минимизируем количество шлама. Это дает хорошую экономию топлива и снижает затраты на утилизацию. Сепаратор пропускает размолотое топлива, что является физическим доказательством его кондиционности.

**Конечно, шлам из сепаратора отлично сгорит в Вашем котле.** Но для этого необходимо разделить подачу топлива. Т.е. один СТ – оставить для питания группы генераторов. Второй СТ оставить для питания котла, при этом вводить шлам после сепаратора в СТ и перемешивать его с мазутом используя дополнительный гомогенизатор серии TRGA, как мы с успехом делаем это в [Одессе](#) уже 2 года. Но вернемся к поставленной задаче. Генераторы.

Так как «победить» высокую инженерную мысль А-Л и их партнерство с производителями ДВС трудно, наиболее беспроблемное и бесконфликтное место для установки модуля TRGA – это Буфер Танк, что и отлично понимают Ваши проектанты. Объем БТ, в Вашем случае ( 6 генераторов, потребление на каждом 2 м.куб в час, суммарно 12 м.куб в час (( поправьте меня если не прав)) ) с моей точки зрения, достаточен в 4-5-6 м.куб. не более.

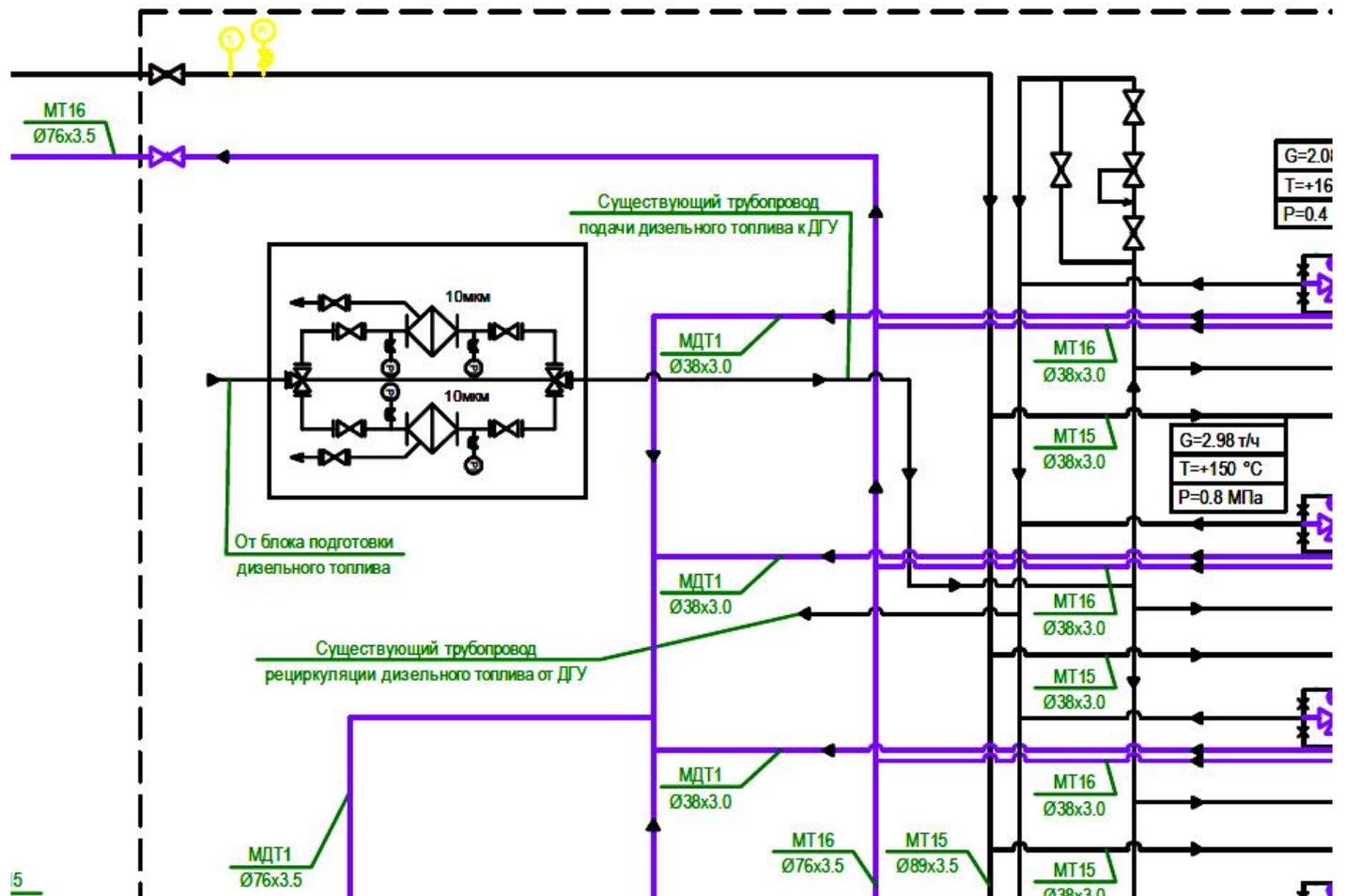
При этом, необходимо исключить образование в БТ «мертвых зон», тех областей мазута которые могут не попасть в гомогенизатор из за конструкции, геометрии и расположении входных и выходных люков в БТ. После заключения контракта – мы дадим Вам практические рекомендации по несложной и недорогой модернизации БТ для увеличения эффективности работы модуля TRGA.

Минимизация объема БТ – снизит затраты на его изготовление и термоизоляцию. Нет нужды поддерживать высокую температуру в ДТ ( расходных резервуарах) и тратить доп. средства на утепление, подогрев и неизбежные тепловые потери... Нет нужды поддерживать температуру мазута выше точки температуры вспышки в магистралях. Как мы видели выше, обработка гомогенизатором снижает вязкость ( а это снижение температуры подогрева до уровня поддерживаемого автоматическим вискозиметром) и параллельно часть мощности модуля гомогенизатора тратится на подогрев мазута в емкости. Так например в пилот проекте гомогенизатор TRGA нагревал мазут с дельтой 3-5 градусов за один проход, с протоком 12 м. куб. в час. [Иногда бывают и такие парадоксы ...](#)



**Требуема идеальная производительность модуля TRGA**, для установки на БТ, должна двукратно превышать потребление ВСЕХ ДГ, т.е. , в данном случае минимально необходимо 12 м.куб. в час.. При этом модель гомогенизатора TRGA, зависит от вязкости топлива в БТ, что определяется типом исходного продукта и температурой в БТ. ( тут все просто).

**Последнее по схеме**



**Два ФТО на 10 мкм, от блока подготовки ДТ – не совсем ясно.**

Если это чистое ДТ, то как я и предлагал основываясь на стандартных корабельных схемах, ВСЯ топливоподача должна идти через БТ, в Вашем случае, через «Блок Топливоподачи». И эти фильтры должны стоять там, фильтруя любое топливо...

Если эти ФТО обрабатывают ВСЕ топливо, то наилучшее им место в том же «Блоке Топливоподачи»

## **Вывод Финальный :**

Центром предварительной подготовки топлива должен стать блок топливоподачи, который будет включать в себя :

1. БТ ( буфер танк) с подведенными к нему линиями подачи чистого ДТ и Мазута ( который прошел стадии осаждения ( сетлинг танк) , грубой фильтрации, сепарации ). Это позволит эксплуатировать ДГ в щадящем температурном режиме.
2. БТ подлежит модернизации для более эффективной работы Модуля TRGA.
3. Модуль TRGA, с собственным фильтром грубой очистки ( чисто защита от тряпки или куска ветоши в топливе ), который включает в себя – гомогенизатор TRGA, напорный насос и систему управления и контроля.
4. Напорный транспортный насос и выходной ФТО .
5. Вискозиметр, который управляет подогревом топлива в зависимости от вязкости протекающего топлива.
6. Наберусь смелости НЕ рекомендовать устанавливать общий проточный подогреватель топлива.

Предлагаю использовать стандартный корабельный вариант, где линейные финишные подогреватели установлены перед каждым ДГ отдельно. Но окончательное решение за проектировщиками.

## **Последний Вопрос -**

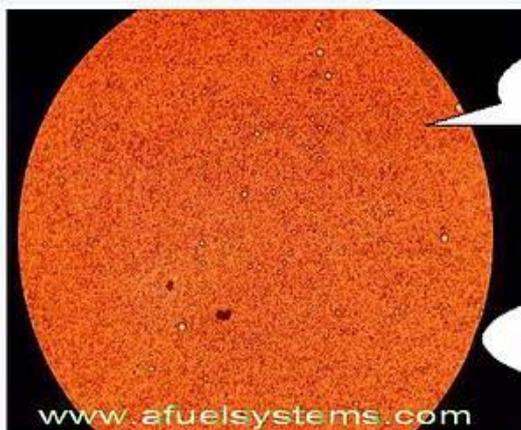
– качество заявленного Вами топлива и возможность работы на нем Ваших ДГ.

На мой взгляд, это топливо совершенно НЕ годится для использования в ДГ. Конечно, это вопрос к двигателям и к производителям ДГ. Однако высокое содержание Ванадия, как и Кремния и Алюминия, на мой взгляд, очень опасно для ДВС и принесет Вам много хлопот и затрат по ремонту. Вязкость аномально максимальная. Повышать температуру для достижения требуемой вязкости на форсунках выше температуры вспышки – опасно. Еще опаснее – гнать это топливо под давлением в трубопроводах.

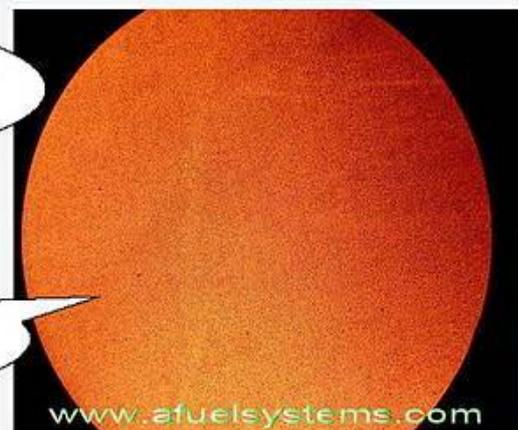
Однако, если применение модулей TRGA на чистом ДТ и RME-180, показало практические отличные результаты при длительной эксплуатации, то необходимость применения модуля TRGA для обработки топлива с начальной вязкостью 360 и 700 сСт – просто единственный шанс для удовлетворительной и долговременной работы ДВС. И ниже приведенная картинка – лучшее тому подтверждение

=====

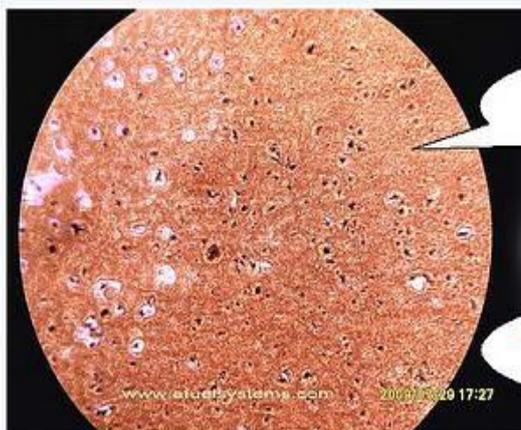
Все вышесказанное прошу рассматривать как поле для обсуждения, предложений и конструктивных технических дискуссий с заказчиками и уважаемыми проектировщиками.



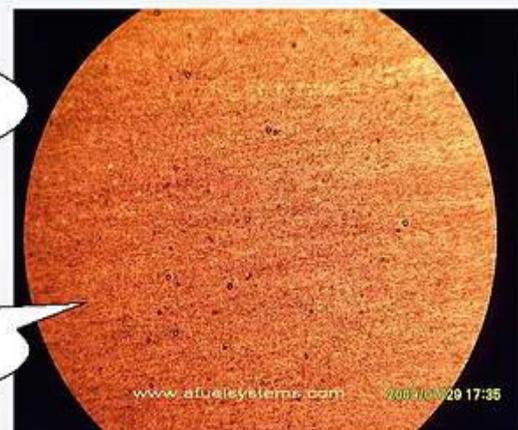
mazut M 100, a standard, before processing, focal ratio - 60



mazut M 100, after processing at TRGA, focal ratio - 60



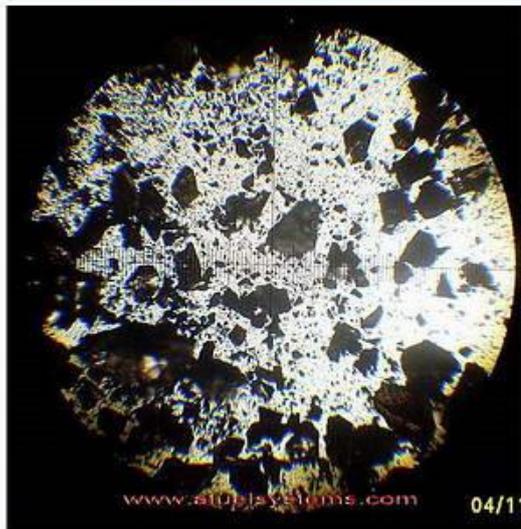
Coal tar, the original standard, focal ratio - 60



Coal tar, after treatment for TRGA, focal ratio - 60



flooding coal tar before and after treatment ratio - 60



coal-water emulsion - before and after treatment ratio - 60

