

**Исследование эксплуатационных  
характеристик энергетической  
установки с ДВС 2Ч 8,5х11 при работе в  
газодизельном цикле**

Магистрант 321 группы Залесов А.С.

Руководитель: к.т.н, доцент Палицын А.В

**Актуальность** темы доказывает перевод большинства энергетических установок с ДВС на газомоторное топливо, который приводит к снижению токсичности и удешевлению единицы продукции кВт электрической энергии.

Особенность проблемы заключается в повышении энергетической эффективности, топливной экономичности и экологической безопасности в соответствии с их перспективными нормами

**Цель работы:** Исследование эксплуатационных характеристик энергетической установки с ДВС 2Ч 8,5х11 при эксплуатации в газодизельном цикле.

**Задачи:**

1 Провести теоретический расчет функционирования ДВС 2Ч 8,5х11 в дизельном и газодизельном цикле на энергетической установке.

2 Провести экспериментальные исследования в дизельном и газодизельном цикле

3. Анализ результатов исследования. Выводы и рекомендации по практическому использованию ДВС на газодизельном цикле.

**Объект исследования** – энергетическая установка с ДВС 2Ч 8,5х11.

**Предмет исследования** – эксплуатационные характеристики энергетической установки при работе в газодизельном цикле с установившейся нагрузкой



Рис. 1– Общий вид энергетической установки

Экспериментальные исследования проводились в два этапа на дизельном цикле и газодизельном цикле.

Проводилось несколько серий опытов, снимались нагрузочные характеристики двигателя в диапазоне мощностей от 0 до 7,5 кВт, с шагом

Для сбора, обработки, расчета и обработки данных дополнительных параметров использовался приборный комплекс (рис 2)



Рис. 2 – Общий вид комплекса сбора и обработки данных



Рис. 3 – Нагрузочный элемент (калорифер).

Для загрузки ДВС энергетической установки используем электрогенератор и резистивный нагрузочный элемент (калорифера). Который имеет ступенчатую регулировку мощности. (Рис 3)

В таблице 1 представлены основные результаты исследования нагрузочной характеристики работающего на дизельном топливе при установившейся нагрузке.

Таблица 1 - исследование нагрузочных характеристик двигателя ДВС 2ч 8,5х11 дизельном цикле

№ опыта	$n$ - КВ ДВС, мин -1	$W$ - электрическая нагрузка, кВт	$CO$ - содержание в отработавших газах, %	$CO_2$ -содержание в отработавших газах, %	$O_2$ -содержание в отработавших газах, %	$Сm$ $Hn$ - содержание в отработавших газах	$NOx$ -содержание в отработавших газах	$t$ - время опыта, с	$Gt$ - расход дизельного топлива ДВС, кг/ч	$g$ - удельный расход дизельного топлива ДВС, г/кВт × ч;	$Gв$ - расход воздуха ДВС, кг/ч	$\alpha$ - коэффициент избытка воздуха	$Tв$ - температура воздуха в помещении, °С	$Tог$ - температура отработавших газов, °С	$Tвк$ - температура воздуха во впускном коллекторе, °С	$Tм$ - температура масла ДВС, °С	$Tож$ - температура охлаждающей жидкости ДВС, °С
1	1538,3	0	0,09	3,17	16,5	36	190	180	0,72	-	63,87	6,14	17	150	25	46	65
2	1520,3	1,31	0,08	4,12	15,1	39	372	180	0,96	732,82	63,51	4,58	17	178	25	47	63
3	1507,4	2,65	0,09	5,21	13,6	40	572	180	1,23	464,15	62,7	2,9	17	224	25	49	64
4	1503,4	3,95	0,07	6,32	12	36	808	180	1,5	379,4	62,8	2,37	17	278	26	51	69
5	1501	5,1	0,08	7,61	10,3	38	931	180	1,8	352,94	61,74	1,92	17	336	27	54	73
6	1496,6	6,4	0,08	8,12	9,51	39	1072	180	2,1	328,125	61,29	1,53	17	412	28	47	78
7	1485,6	7,63	0,09	11,31	5,17	37	681	180	2,53	331,58	60,4	1,313	17	528	32	58	84

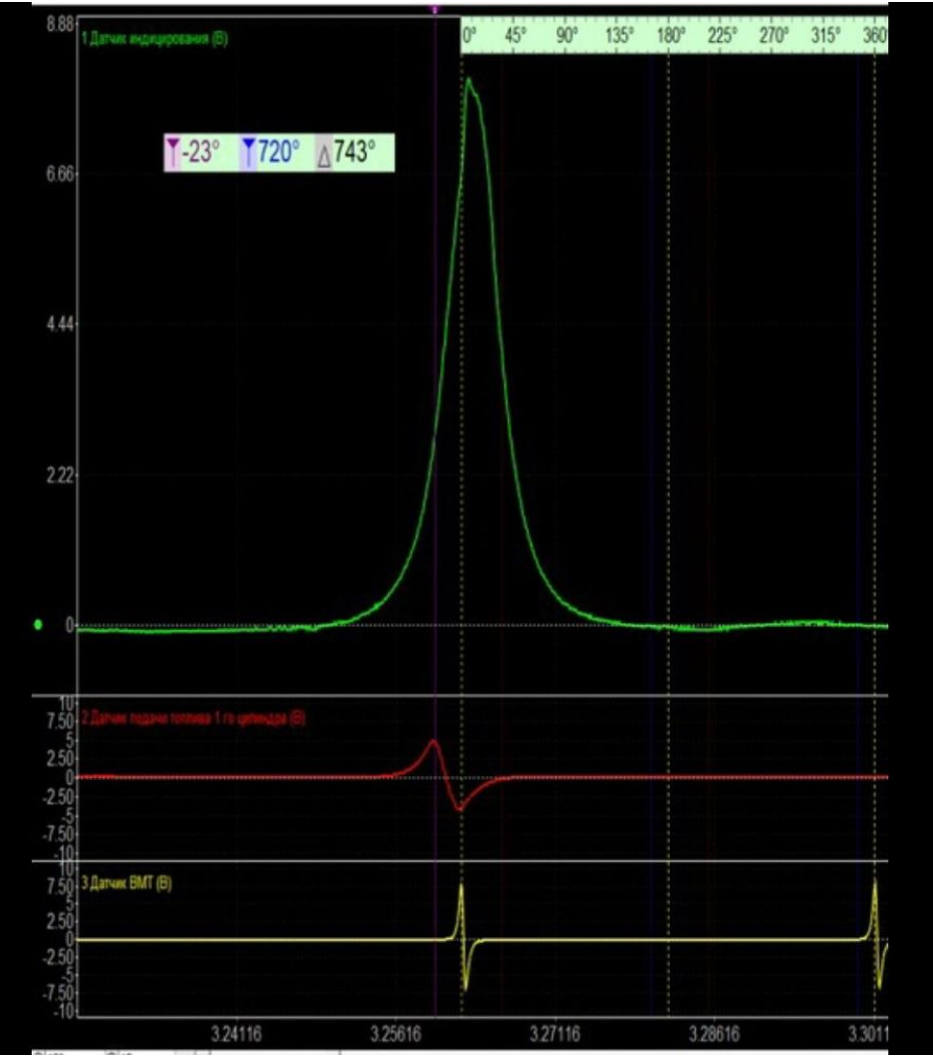


# Таблица 2 - исследование нагрузочных характеристик двигателя ДВС 2ч 8,5х11 в газодизельном цикле

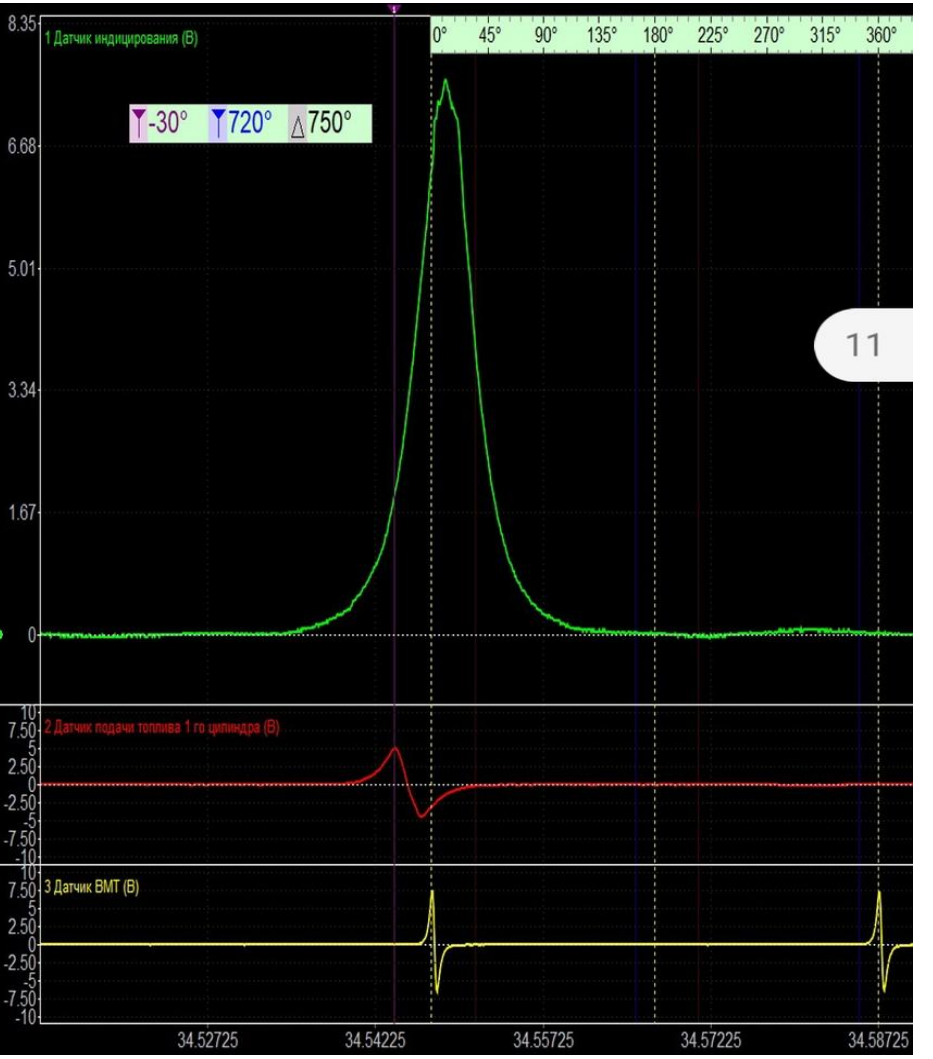
№ опыта	$n$ - КВ ДВС, мин -1	$W$ - электрическая нагрузка, кЕ	$CO$ - содержание в отработавших	$CO_2$ - содержание в отработавших газах, %	$O_2$ - содержание в отработавших	$С_{mHn}$ - содержание в отработавших газах	$Nox$ - содержание в отработавших газах	$t$ - время опыта, с	$G_t$ - расход дизельного топлива ДВС, кг/ч	$g$ - удельный расход дизельного топлива ДВС, г/кВт × ч;	$G_t$ - расход газообразного топлива ДВС, кг/ч	$g$ - удельный расход газообразного топлива ДВС, г/кВт	$G_v$ - расход воздуха ДВС, кг/ч	$\alpha$ - коэффициент избытка воздуха	$T_v$ - температура воздуха в помещении, °С	$T_{ог}$ - температура отработавших газов, °С	$T_{вк}$ - температура воздуха во впускном коллекторе, °С	$T_m$ - температура масла ДВС, °С	$T_{ож}$ - температура охлаждающей жидкости ДВС, °С
1	1501,4	0	0,17	3,2	16,1	729	66	180	0,6	-	0,34	-	62,45	10,05	16	140	25	50	65
2	1502,9	1,3	0,33	4,02	14,5	914	139	180	0,56	430,7	0,67	515,38	62,59	5,16	16	174	24	52	64
3	1501,4	2,63	0,37	5,1	12,9	705	349	180	0,56	212,92	0,9	342,2	61,74	3,79	16	246	24	53	68
4	1501,1	3,92	0,49	6,52	11	584	1016	180	0,51	130,1	1,2	306,12	61,29	2,56	16	260	26	54	75
5	1499,9	5,09	0,33	10,86	5,2	349	1492	180	0,6	117,87	1,66	326,13	58,39	1,29	16	375	28	58	90

- Анализируя экспериментальные данные видим что происходит снижение эксплуатационных показателей двигателя, вызванными меньшей теплотворной способностью газового топлива, но это компенсируется дешевой газовой топливом, как следствие производимого кВт\*часа электрической энергии и снижение эмиссии вредных веществ ..

ДВС 2ч 8.5x11 дизельный цикл холостой ход

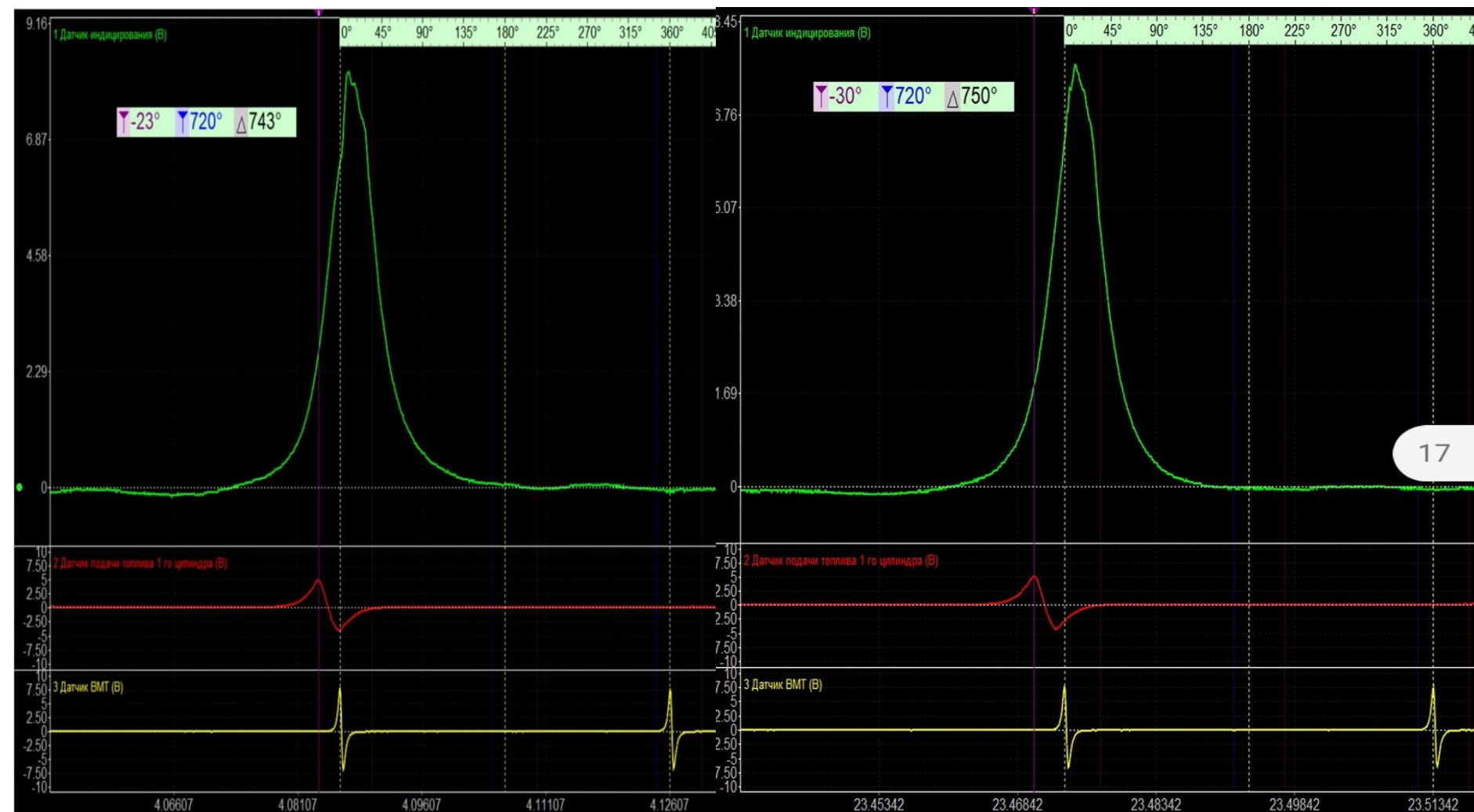


ДВС 2ч 8.5x11 Газодизельный цикл холостой ход

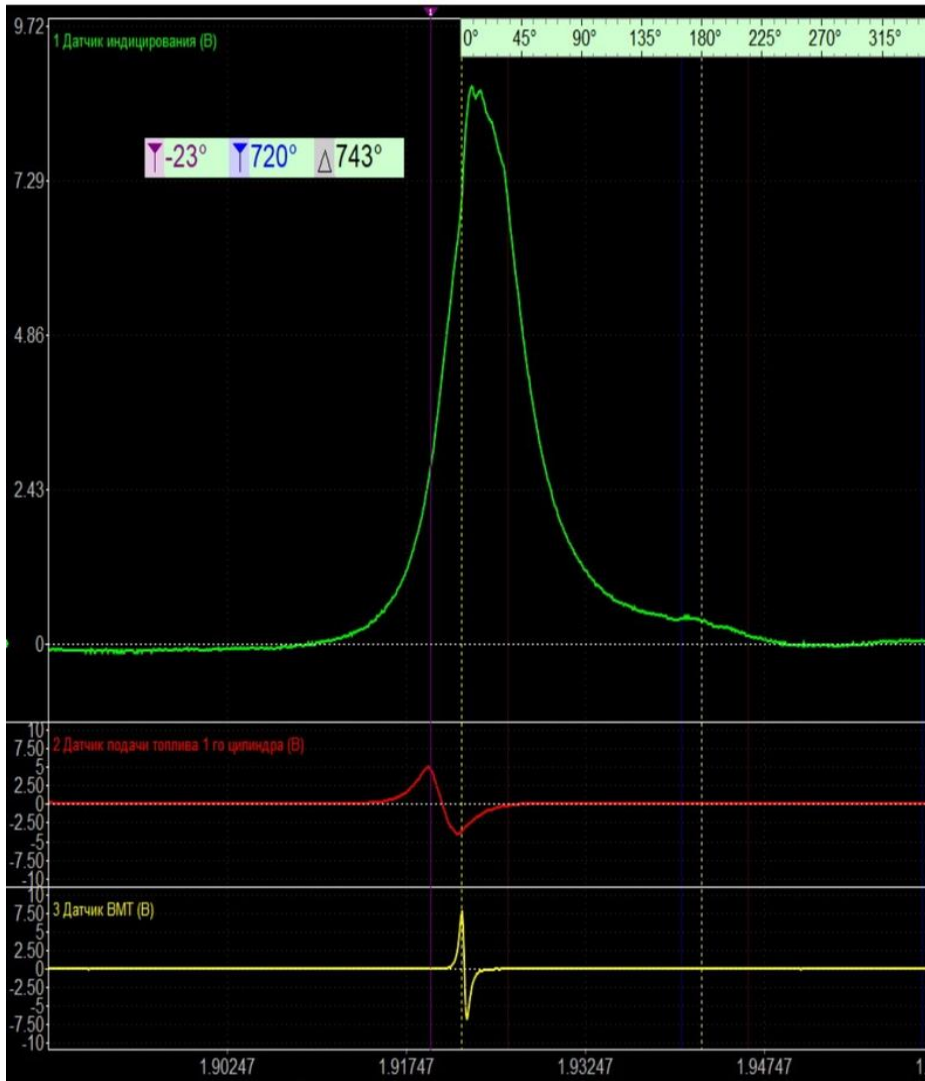


ДВС 2ч 8.5x11 дизельный цикл Нагрузка  
3500 ± Δ Вт

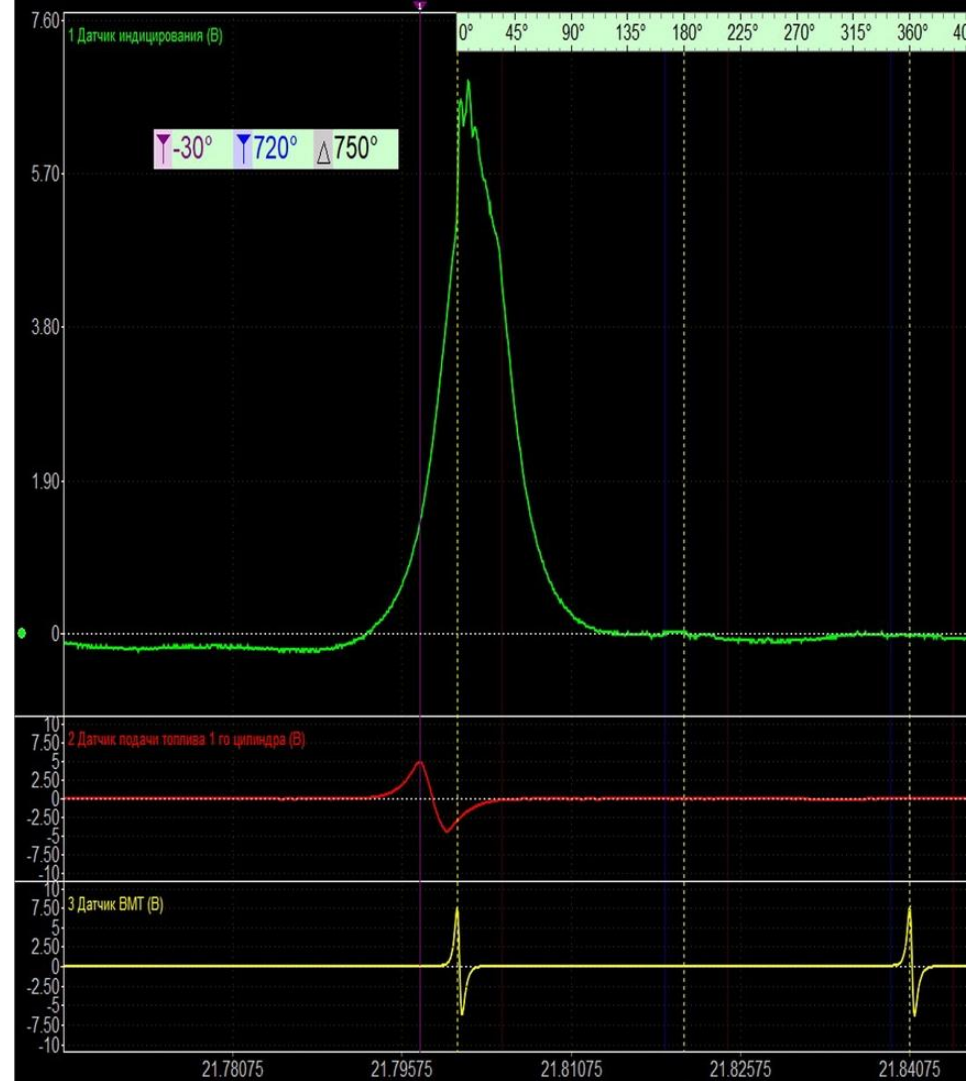
ДВС 2ч 8.5x11 газодизельный цикл  
Нагрузка 2500 ± Δ Вт



# ДВС 2ч 8.5x11 дизельный цикл Нагрузка 7500 ± Δ Вт

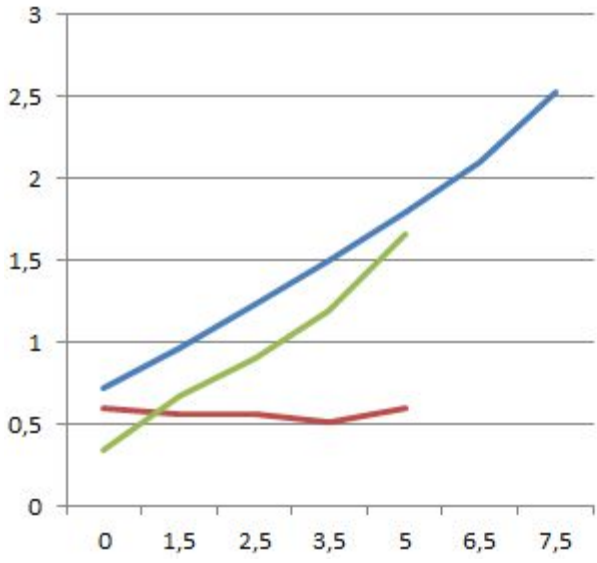


# ДВС 2ч 8.5x11 газодизельный цикл Нагрузка 5000± Δ Вт



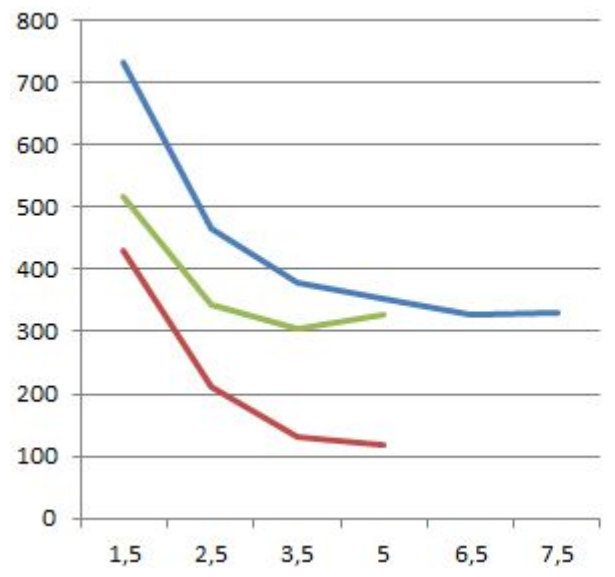
- Из индикаторной диаграммы и значений температуры цикла видно, что у дизеля максимально значение давления сгорания и максимальное значение температуры сгорания достигается ранее чем у газодизеля.
- Низкое тепловыделение приводит к меньшим давлениям в характерных точках индикаторной диаграммы. Как следствие, газодизельный цикл имеет ниже среднее индикаторное давление и худшие эффективные показатели, выражающиеся в снижении эффективной мощности двигателя

GT кг/ч



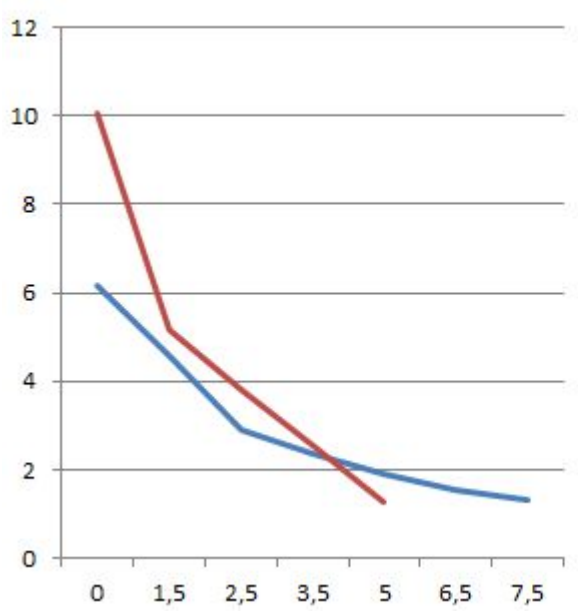
— расход диз. топлива  
 — расход диз. топ. Газодизель  
 — расход газ. топ. Газодизель

g г/кВт



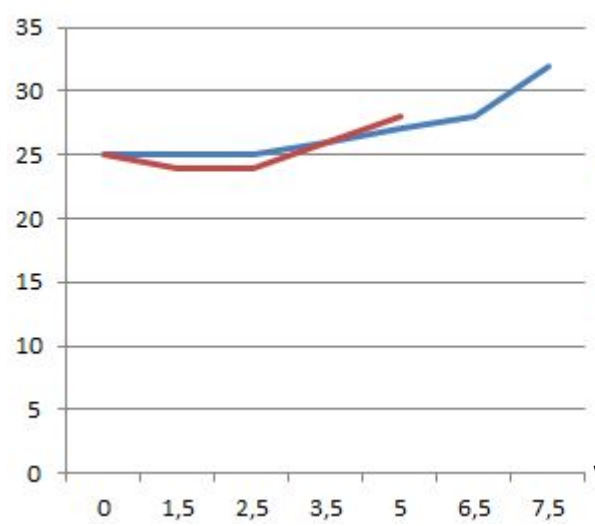
— уд. расход диз. топ. Газодизель -  
 — уд. расход диз. топ. Газодизель -  
 — уд. расход газ. топ. Газодизель -

α



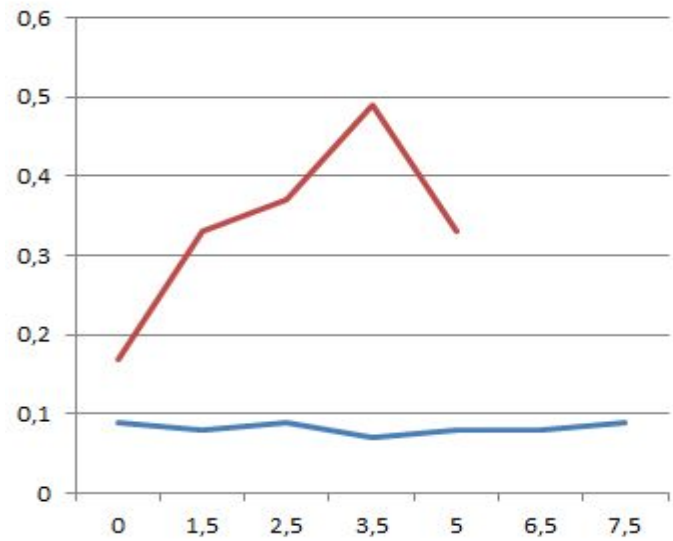
— коэфф. избытка. Возд. Дизель  
 — коэфф. избытка. Возд. Газодизель

T вл

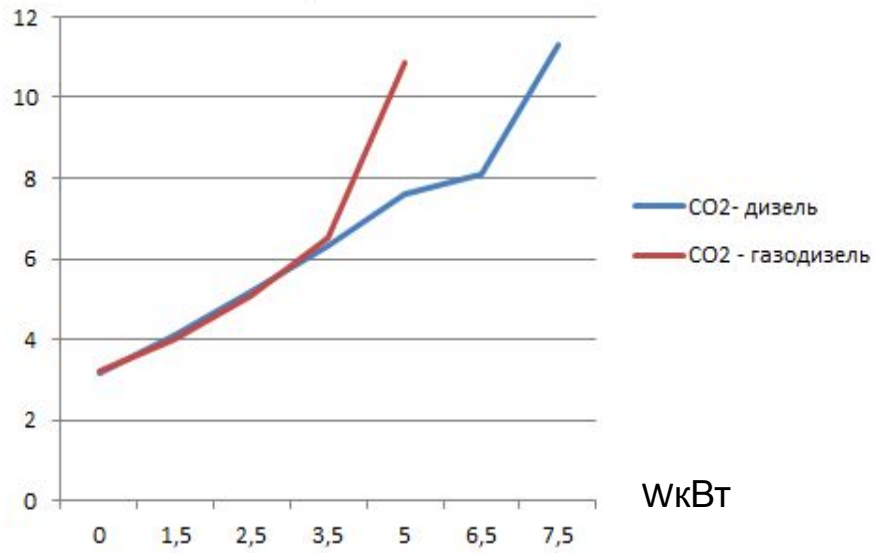


— температура.впуск. коллекторе дизель  
 — температура.впуск. коллекторе газодизель

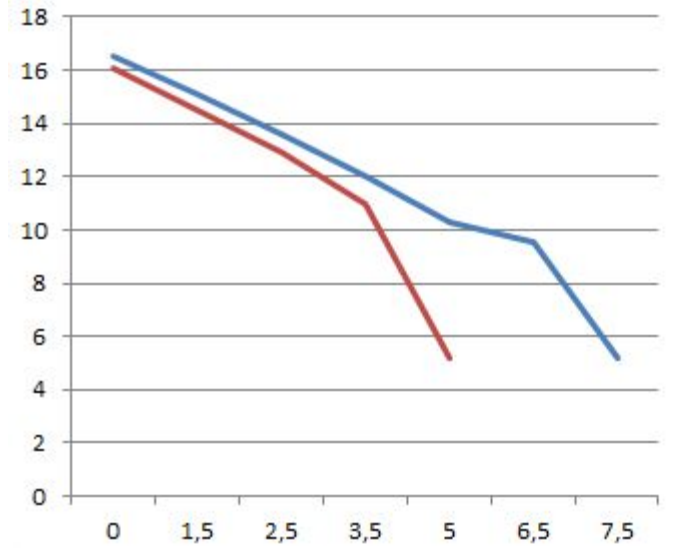
CO %



CO2 %



O2 %



См Hn %

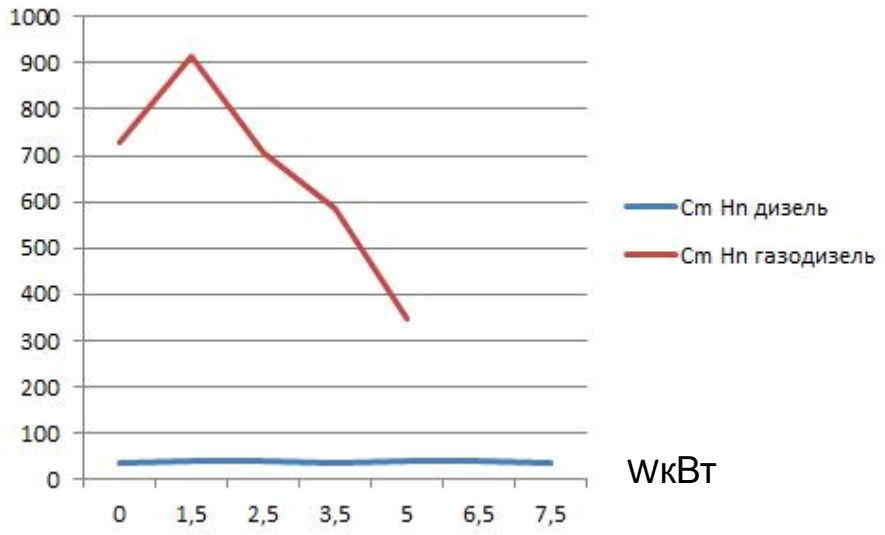
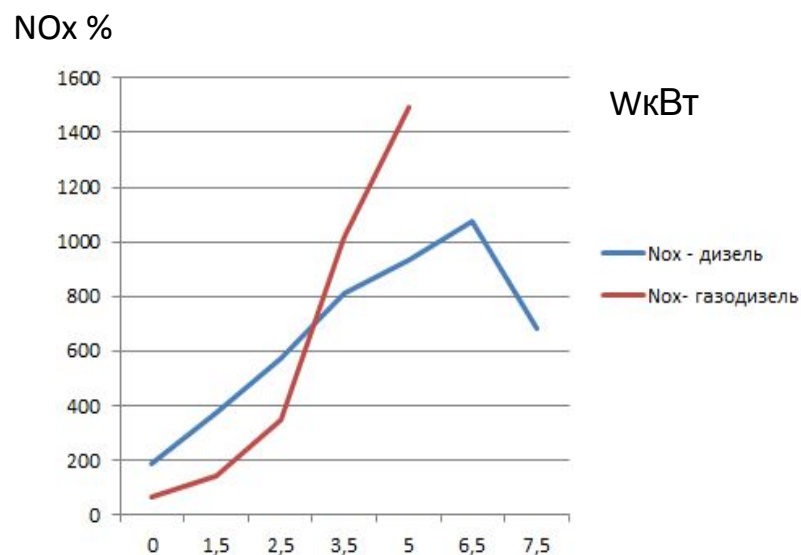




Рис 4 – фильтровочные диски, дизельный цикл



Рис 5 - фильтровочные диски, газодизельный цикл

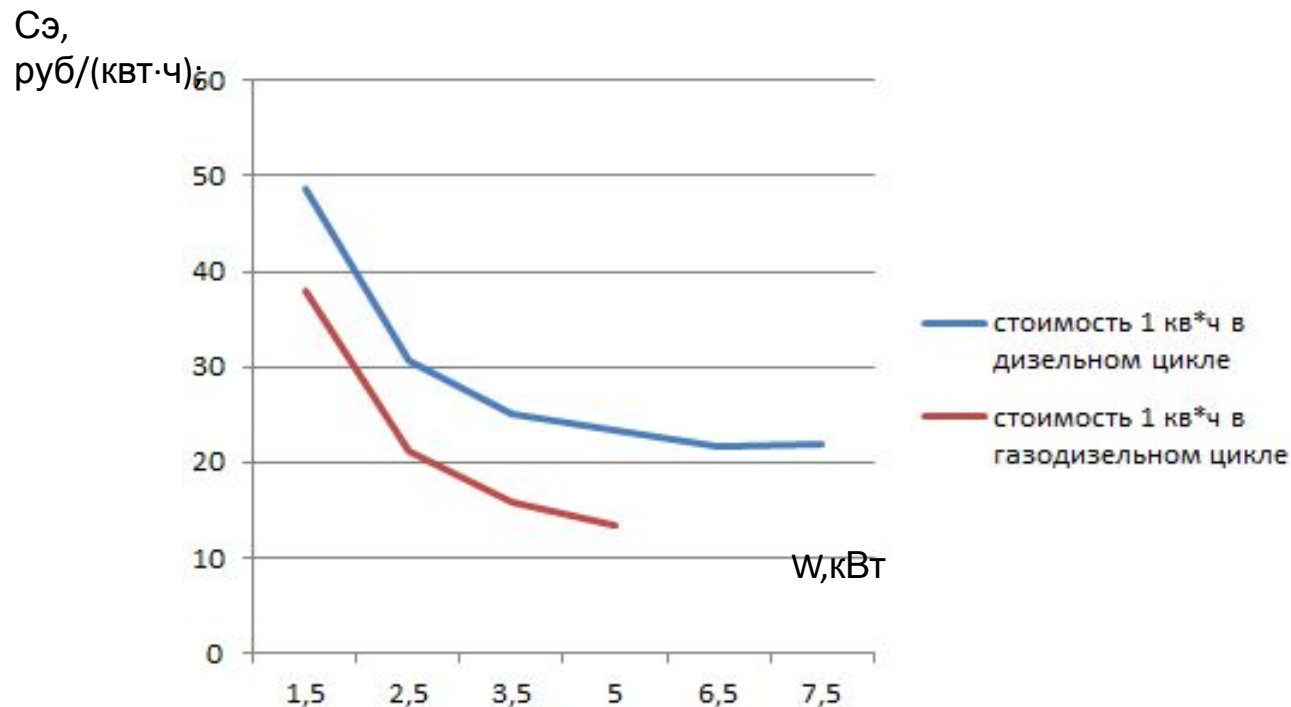


Анализируя фильтровочные диски на рисунке 5 и 4 можно сделать вывод, что в дизельном цикле сажи сгорает меньше чем в газодизельном.



- Главным преимуществом газодизеля является низкая стоимость КПГ. Для окончательной сравнительной оценки экономических показателей выполним расчет стоимости 1 кВт·ч производимой двигателем механической энергии.

на графике представлена стоимость 1 кВт/ч при различных нагрузках, на установившемся режиме работы.



Таким образом экономическая эффективность энергетической установки с ДВС 2ч 8.5x11 при эксплуатации в газодизельном цикле подтверждена.

## Выводы:

- Для минимизации снижения эффективных показателей в газодизельном цикле двигателя необходимо динамическое изменение угла опережения подачи запального дизельного топлива в зависимости от нагрузки электрогенератора.
- Рекомендуется форсирование двигателя наддувом

# Апробация результатов научной работы:

✓ Залесов А.С. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА  
// «Инновации. Наука. Образование» (РИНЦ) 26.11.2021

Результаты учебной работы представлены в «Индивидуальном плане подготовки»

Все запланированные мероприятия в «Задании» на выполнение выпускной - квалификационной работы магистранту, выполнены