69 научно-методическая и научно-исследовательская конференция



Зенченко В.А., Ширяев А.В.

ФОРМИРОВАНИЕ ГИБКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕМОНТА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

The formation of flexible technologies of diagnostics and repairing the fuel supply systems of LPG vehicles





1. Актуальность исследования

#### Использование газового топлива на автомобильном транспорте

Парк газобаллонных автомобилей, работающих на газе сжиженном нефтяном (ГСН), во всём мире устойчиво растёт

Ежегодный рост парка составляет 12-15%, а в некоторых странах более 30%

Аналогичными темпами увеличивается парк ГБА ГСН и в РФ В 2010 году парк ГБА ГСН составил 17,4 млн. автомобилей

Основной рост происходит за счёт переоборудования находящихся в эксплуатации автомобилей

Газовые системы питания с электронным управлением двух видов

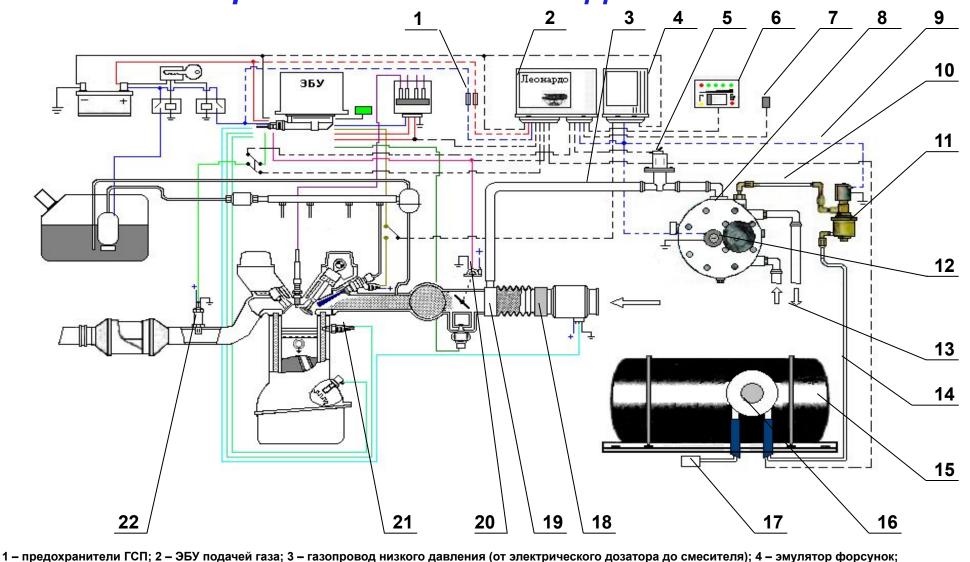


Эжекционные

С распределённым впрыском газа



#### Газовая система питания эжекционного типа с обратной связью и ЭСУД Bosch M1.5.4N



5 – электрический дозатор газа; 6 – переключатель вида топлива с индикацией; 7 – колодка диагностики ЭБУ подачей газа; 8 – редуктор-испаритель; 9 – электропроводка ГСП; 10 – газопровод высокого давления от ЭМК газа до редуктора-испарителя; 11 – электромагнитный клапан газа (ЭМК);

<sup>12 –</sup> электромагнитный клапан холостого хода; 13 – подогрев редуктора-испарителя; 14 – газопровод высокого давления; 15 – баллон с запорнопредохранительной арматурой; 16 – вентиляционная камера; 17 – выносное заправочное устройство; 18 – обратный клапан (хлопушка); 19 – смеситель; 20 – датчик положения дроссельной заслонки; 21 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 22 – датчик концентрации кислорода (лямбда-зонд).



# Пример установки газовой системы питания с обратной связью и её элементы

# BA3 2110 1 2 3

1- электронный блок управления газовой системы питания



2- смеситель с обратным клапаном



Nissan Almera



3- электронный 4- редуктор-испаритель дозатор газа







# Причины неисправностей в эжекционных газовых системах питания и их влияние на состав ОГ

Внутренняя не герметичность

ступени редуктора

(обогащение ТВС)

2. Выход из строя

мембраны

1-ой ступени

1. Засорение

клапана 1-ой

Внешняя не герметичность

1. Не герметичность трубопроводов и их соединений с элементами

ГСП (обеднение ТВС)

- 2. Крепление между собой корпусных деталей редуктора (обеднение TBC)
- 3. Крепление между собой корпусных деталей ЭМК газа (обеднение ТВС)
- 4. Крепление смесителя и дроссельного патрубка (обеднение TBC)
- 5. Крепление мультиклапана к баллону (обеднение ТВС)
- 6. Выход из строя диафрагмы 2-ой ступени (обеднение ТВС)
- 7. Засорение клапана 2-ой ступени (обогащение TBC)

Отсутствие или задержка подачи топлива, задержка воздуха, неисправности датчиков и подсистем ЭСУД, неисправности ГРМ

- 1. Отсутствие ГСН в баллоне (обеднение ТВС)
- 2. Закрытый расходный вентиль мультиклапана (обеднение ТВС)
- 3. Засорение магистрали подачи газа (обеднение ТВС)
- 4. Неисправность ЭМК газа и состояние его фильтрующего элемента (обеднение ТВС)
- 5. Состояние мембран редуктора (обеднение или обогащение ТВС)
- 6. Загрязнение фильтра винта регулировки XX редуктора (обеднение ТВС)
- 7. Положение регулировочных винтов редуктора (обеднение или обогащение ТВС)
- 8. Засорение газового провода от редуктора к смесителю (обеднение ТВС)
- 9. Загрязнение отверстий в смесителе (обеднение ТВС)
- 10. Положение регулировочного винта привода дроссельной заслонки (обеднение или обогащение ТВС)
- 11. Не герметичность ЭМК бензина (обогащение ТВС)
- 12. Неисправность эмулятора форсунок (обогащение ТВС)
- 13. Неисправность электронного дозатора (обеднение или обогащение ТВС)
- 14. Неисправность ЭБУ ГСП (не работает)
- 15. Состояние предохранителей (не работает)
- 16. Обрыв электропроводки (в зависимости от места может привести к выключению системы)
- 17. Засорение воздушного фильтра (обогащение ТВС)
- 18. Неисправность датчика ДПДЗ (обеднение или обогащение ТВС)
- 19. Неисправность датчика кислорода (ДК) (обеднение или обогащение ТВС)
- 20. Неисправность датчика массового расхода воздуха (ДМРВ)
- 21. Неисправности модуля зажигания (М3)
- 22. Неисправности клапанов газораспределительного механизма (ГРМ)
- 23. Неисправность нейтрализатора отработавших газов (обогащение ТВС)

3. Зависание якоря электромагнитного клапана газа (обогащение ТВС)

(обогащение ТВС)

- 4. Залипание поршня электронного дозатора газа (обеднение или обогашение ТВС)
- 5. Износ сальника системы холостого хода редуктора (обогащение ТВС)



#### Факторы, определяющие токсичность ОГ ГБА

Техническое состояние и настройка элементов газовой системы питания Техническое состояние элементов системы зажигания Токсичность ОГ ГБА Техническое состояние элементов электронной системы управления двигателя (ЭСУД) Общее техническое состояние двигателя и его механизмов (КШМ, ГРМ и др.) Режимы и условия эксплуатации ГБА



# Оценка показателей надёжности элементов ГСП с ЭБУ «Leonardo» и ЭСУД Bosch M1.5.4N ГБА ВАЗ

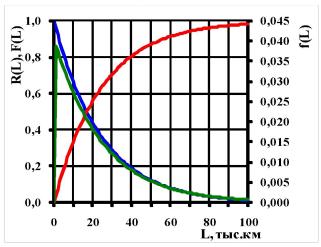
Обозначение элемента / вида работы	Ко д ра бо ты , <i>j</i>	Средняя наработка $\overline{L}$ , т.км.	Средне- квадратичное отклонение $\sigma(L)$	Коэфф. вариации $ u(\mathrm{L})$	Гамма- процентная наработка $L_{\gamma}$ , т.км. $\gamma=0.90$ / $\gamma=0.95$	Вид закона распре- деления	Общие затраты на обслуживание и ремонт, $S_j$ руб.	Значения ведущих функций потока отказов на гарантийном пробеге, $L_{\it g}$ $\Omega_{\it f}(L_{\it g})$	Удельные затраты на обслуживание и ремонт, руб. $S_{y\partial j}$
ГСП в целом		6,03	3,2	0,531	2,24 / 1,567	В			
Воздушный фильтр/замена	1	17,95	6,641	0,37	9,45 / 7,06	Н	160	2,911	7,763
Винт холостого хода редуктора/ регулировка	2	17,03	8,432	0,495	6,66 / 4,75	В	350	3,146	18,35
Фильтр клапана холостого хода/ очистка	3	35,57	10,766	0,303	21,9 / 17,91	Н	90	1,233	1,849
Фильтр электромагнитного клапана газа/замена	4	28,34	5,35	0,189	21,49 / 19,57	н	570	1,635	15,533
Мембраны и клапаны редуктора/ проверка замена	5	35,61	6,87	0,193	27,02 / 24,34	н	4610	1,204	92,472
Электронный дозатор газа/проверка, замена	6	130,58	127,9	0,98	15,18 / 7,6	В	2100	0,440	15,389
Датчик кислорода/ проверка, замена	7	68,39	16,193	0,237	47,68 / 41,83	н	1300	0,405	8,784
Датчик положения дроссельной заслонки /проверка, замена	8	24,3	24,4	1,0	2,62 / 1,28	В	900	2,469	37,037
Датчик массового расхода воздуха/ проверка, замена	9	50,95	49,9	0,98	5,92 / 2,96	В	2750	1,158	53,067
Нейтрализатор ОГ / проверка, замена	10	73,99	72,47	0,98	8,6 / 4,3	В	3600	0,791	47,467
Винт клапана второй ступени редуктора / регулировка	11	22,524	9,636	0,38	10,3 / 7,7	В	350	2,236	13,044
Клапаны ГРМ /замена , притирка, регулировка	12	91,27	37,1	0,36	44,2 / 33,78	В	5640	0,222	20,886
Модуль зажигания / проверка, замена	13	27	6,423	0,237	18,78 / 16,47	Н	1700	1,750	49,592



#### Закономерности распределения наработок на отказы и неисправности элементов газовой системы питания и ЭСУД

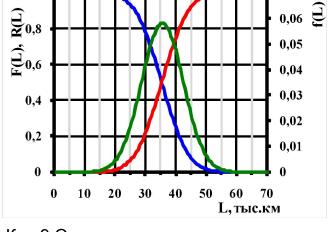


Код 8 Отказы и неисправности датчика положения дроссельной заслонки

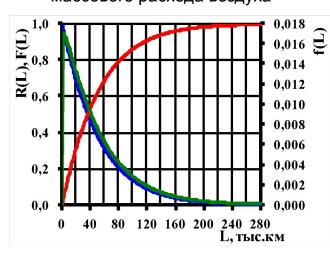


-f(L) плотность распределения вероятности возникновения отказов

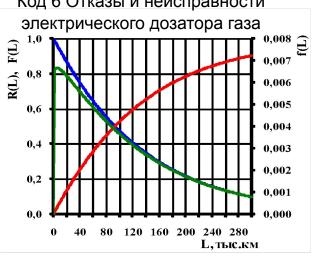




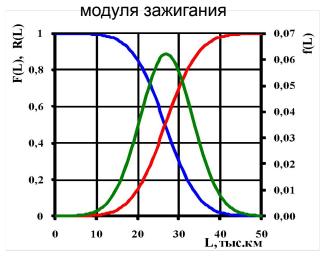
Код 9 Отказы и неисправности датчика массового расхода воздуха



Код 6 Отказы и неисправности



Код 13 Отказы и неисправности

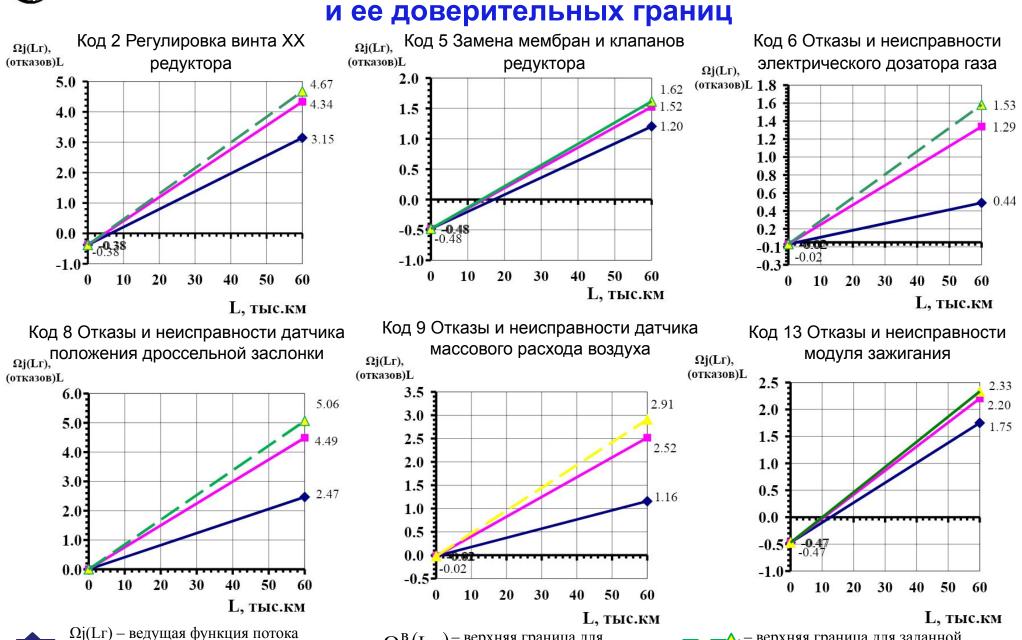


F(L) вероятность возникновения отказа;

R(L) вероятность безотказной работы.

## **єимптотические зависимости для ведущей функции потока отказов**

и ее доверительных границ



заданной вероятности у=0,9

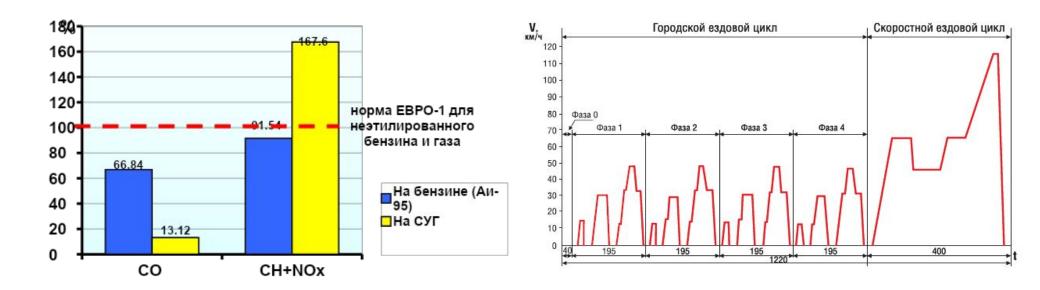
отказов на пробеге Lг

верхняя граница для заданной вероятности  $\gamma = 0.95$ 

9



# 4. Токсичность ОГ ВАЗ-21113 при испытании по ездовому циклу ГОСТ Р 41.83 -1999



Автомобиль соответствует требованиям ГОСТа на бензине и <u>не соответствует</u> на газе.

По сравнению с бензином выбросы СО на газе меньше в 5 раз, а по сумме СН и  $NO_{\rm x}$  больше в 2 раза, а не наоборот, как принято считать.

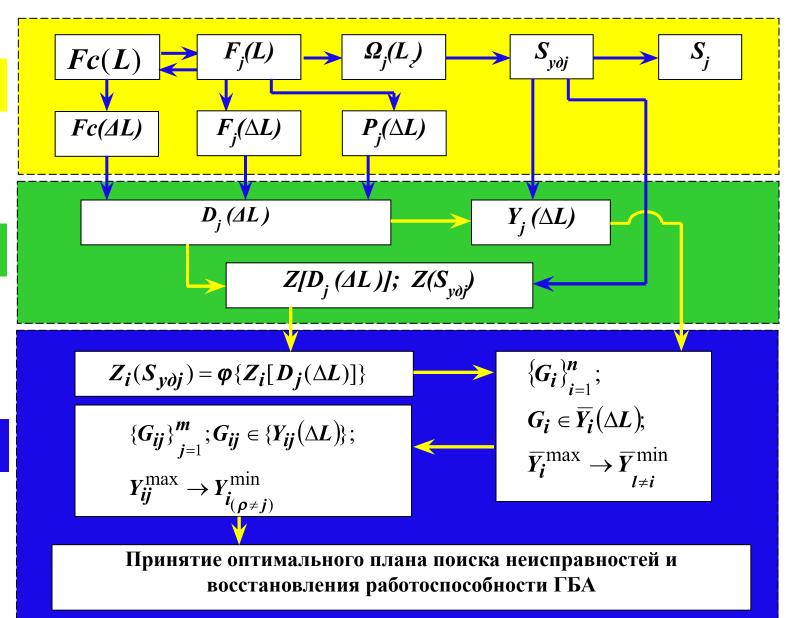


# Схема процесса формирования *оптимальных* планов поиска и устранения отказов и неисправностей



**2-й этап** 

3-й этап





#### Аналитические зависимости формирования оптимальных планов поиска и устранения отказов и неисправностей

1-й этап

Вероятности возникновения неисправностей и отказов на интервале пробега (ΔL)

$$F_{j}(\Delta L) = F_{j}(L_{r+1}) - F_{j}(L_{r})$$

где r – индекс очередного обращения ГБА на обслуживание или ремонт

Пороговое значение для выявления наиболее значимых работ с заданной вероятностью α (нижняя доверительная граница) на интервале пробега (ΔL)

$$\overline{F}_{\alpha j}^{H}(\Delta L) = M[F(\Delta L)] - Z_{\alpha} \frac{\sigma[F(\Delta L)]}{\sqrt{m}}$$

где  $M[F(\Delta L)]$  - оценка математического ожидания множества значений  $\left\{ \pmb{F_j}(\Delta \pmb{L}) \right\}$ 

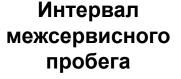
$$\sigma[F(\Delta\!L)]$$
 - оценка среднеквадратичного отклонения  $F_j(\Delta\!L)$ 

 $Z_{lpha}$  - нормированная случайная величина для заданной доверительной вероятности  $\alpha$ ;

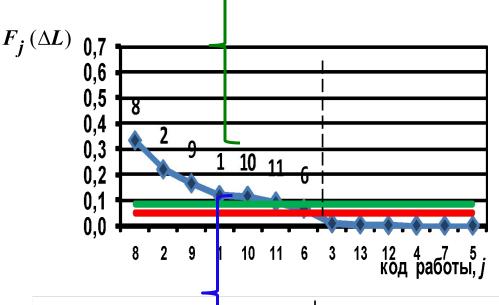
*m* – общее число кодов работ



Изменения вероятностей возникновения отказов  $F_{j}$  ( $\Delta L$ ) на интервале пробега  $\Delta L$ 

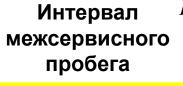


L= 0-10 T.KM.

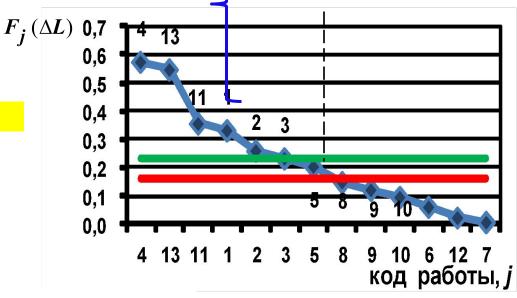


Группа приоритетных кодов по *Fj (△L)* на интервале L = 0-10 т.км

8, 2, 9, 1, 10, 11, 6



L= 20-30 т.км.



Группа приоритетных кодов по *Fj (△L)* на интервале L = 20-30 т.км

4, 13, 11, 1, 2, 3, 5



#### Аналитические зависимости формирования оптимальных планов поиска и устранения отказов и неисправностей

#### 2-й этап

#### Диагностическая ценность обследования

$$D_{j}(\Delta L) = -[F_{j}(\Delta L)\log_{2}\frac{F_{j}(\Delta L)}{F_{c}(\Delta L)} + P_{j}(\Delta L)\log_{2}\frac{P_{j}(\Delta L)}{F_{c}(\Delta L)}]$$

- $F_c(\Delta L)$  вероятность возникновения отказов для всей совокупности объектов по газовой системе питания и элементам ЭСУД на интервале пробега  $\Delta L$ ;
- $P_{m{j}}(\Delta L)$  вероятностей безотказной работы элементов газовой системы питания и элементов ЭСУД с  ${\it j}$ -ми кодами на интервале пробега  $\Delta L$ ;

### Интегральная оценка учета диагностической ценности

#### и удельных затрат

$$Y_{m{j}}(\Delta L) = egin{cases} ar{Y}_{m{j}}(\Delta L) = m{D}_{m{j}}(\Delta L) \cdot ar{S}_{y \partial m{j}}, & ext{-для средних значений удельных затрат,} \ Y_{m{j}}^{m{e}}(\Delta L) = m{D}_{m{j}}(\Delta L) \cdot m{S}_{y \partial m{j}}^{m{e}}, & ext{-для верхних толерантных границ} \ \text{удельных затрат} \end{cases}$$

 $S_{\it voi}$  - средние удельные затраты

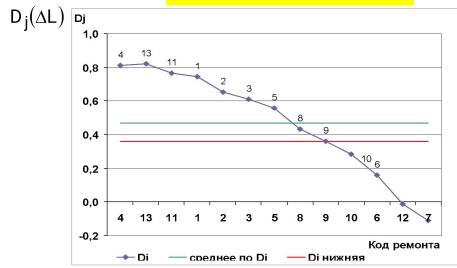


# Диагностическая ценность обследования технического состояния ГСП и ЭСУД на разных пробегах ГБА

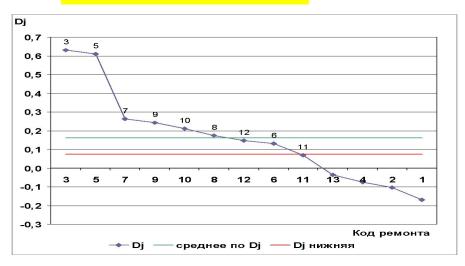
L= 0-10 T.KM.



L= 20-30 т.км.



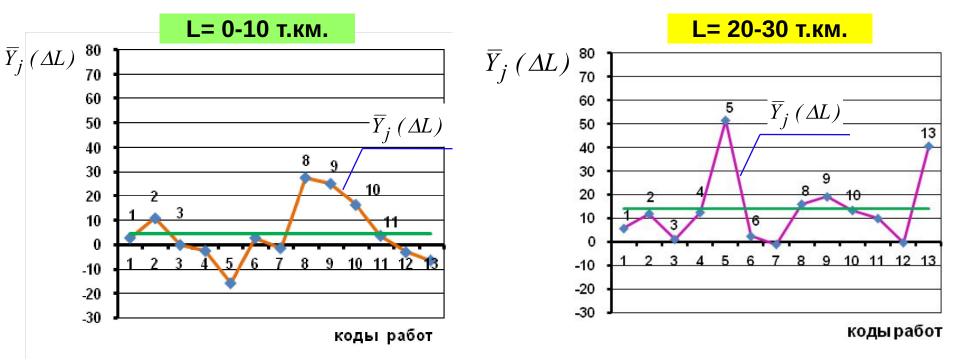
L= 40-50 т.км.





# Интегральная оценка диагностической ценности обследования технического состояния Y<sub>i</sub>(∆L) и удельных затраты Syд<sub>i</sub> на разных пробегах ГБА

#### Интервалы межсервесного пробега



Группа приоритетных кодов по  $\overline{Y}_{j}$  ( $\Delta L$ ) на интервале L = 0-10 т.км

2, 8, 9, 10

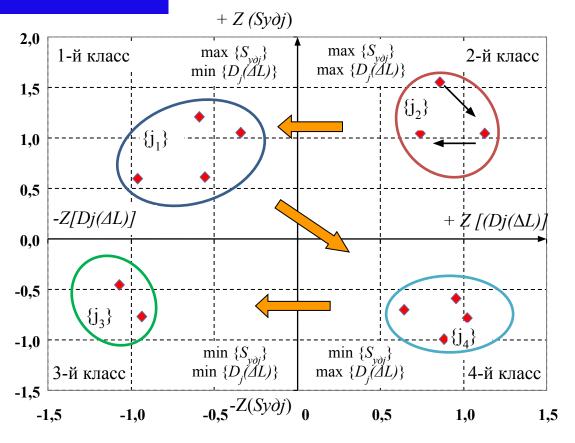
Группа приоритетных кодов по  $\overline{Y}_{j}$  ( $\Delta L$ ) на интервале L = 20-30 т.км

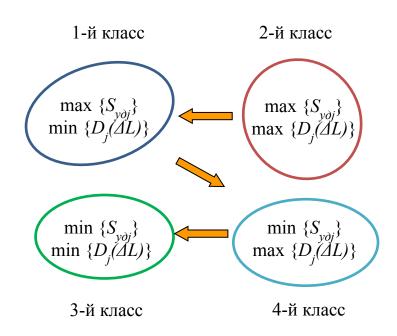
5, 8, 9, 13



#### Классификация кодов работ на основе нормировки удельных затрат Ѕуд<sub>і</sub> и диагностической ценности D<sub>і</sub> (△L)

#### 3-й этап





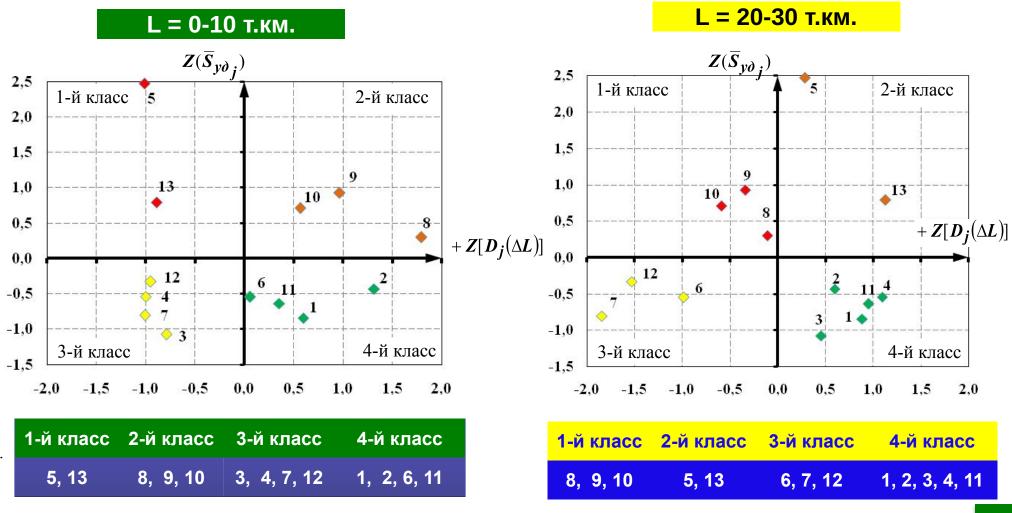
Классификация кодов работ  $\{j\}_1^m$  на основе нормировки затрат  $S_{y\partial j}\in (\overline{S}_{y\partial j}, \cap S_{y\partial j}^g)$  и диагностической ценности  $D_j(\Delta L)$ 

Схема приоритетности выполнения групп работ по обслуживанию и ремонту ГСП и ЭСУД



# Классификация исходного множества кодов работ на основе нормировки значений затрат Ѕудј и диагностической ценности Dj(∆L) на разных пробегах ГБА

#### Интервалы межсервесного пробега





Сформированны е классы	Обозначение кодов работ	Коды работы	Интегральная оценка ценности и удельных затрат $\overline{Y}_{j}(\Delta L)$	Порядок диагностирования по $\overline{Y}_j(\Delta L)$	ожидание для	Приоритетность классов выполнения работ по $M[Y_j(\Delta L)]$	
---------------------------	----------------------------	----------------	---	--	--------------	---	--

#### L= 0-10 T.KM.

1	Зам. Мемб. и Кл. Р	5	-15,953	2	-11,2575	4
	Зам.М.З.	13	-6,562	1		
2	Зам. ДПДЗ	8	27,598	1	23,0191	1
	Зам. ДМРВ	9	25,165	2		
	Зам. НОГ	10	16,295	3		
3	ОЧФКл ХХР	3	-0,187	1	-1,8837	3
	Зам. ФЭМКГ	4	-2,633	3		
	Зам. ДК	7	-1,511	2		
	Зам. клапанов ГРМ с регул.	12	-3,204	4		
4	Зам. ВФ	1	2,741	3	4,9514	2
	Per.BXXP	2	10,781	1		
	Зам. ЭДГ	6	2,719	4		
	Per.BK2P	11	3,564	2		



Сформированны Обозначение Коды е классы кодов работ работы	Интегральная оценка ценности и удельных затрат $\overline{Y}_j(\Delta L)$	порядок диагностирования	ожидание для	Приоритетность классов выполнения работ по $M[\overline{Y}_j(\Delta L)]$	
---	---	-----------------------------	--------------	--	--

#### L= 20-30 т.км.

	Зам. ДПДЗ	8	16,073	2	16,229	2
1	Зам. ДМРВ	9	19,174	1		
	Зам. НОГ	10	13,440	3		
2	Зам. Мемб. и Кл. Р	5	51,555	1	46,0975	1
	Зам.М.З.	13	40,640	2		
3	Зам. ЭДГ	6	2,453	1	0,4300	4
	Зам. ДК	7	-0,953	3		
	Зам. клапанов ГРМ с регул.	12	-0,210	2		
4	Зам. ВФ	1	5,771	4	8,292	3
	Per.BXXP	2	11,997	2		
	ОЧФКл ХХР	3	1,127	5		
	Зам. ФЭМКГ	4	12,579	1		
	Per.BK2P	11	9,986	3		



Сформиров е классы		Обозначение кодов работ	Коды работы	Интегральная оценка ценности и удельных затрат $\overline{Y}_j(\Delta L)$	Порядок диагностирования	ожидание для	Приоритетность классов выполнения работ по $M[Y_j(\Delta L)]$
-----------------------	--	----------------------------	----------------	---	--------------------------	--------------	---

#### L= 40-50 т.км.

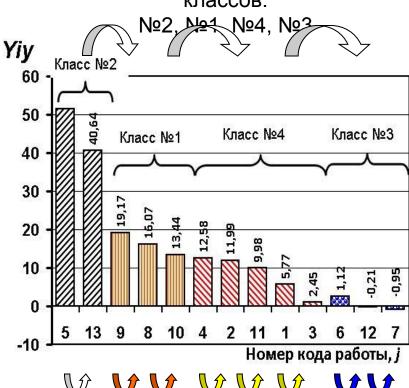
1	Зам.М.З.	13	-1,792	1	-1,7920	4
2	Зам. Мемб. и Кл. Р	5	56,344	1	21,4333	1
	Зам. ДПДЗ	8	6,475	4		
	Зам. ДМРВ	9	12,872	2		
	Зам. НОГ	10	10,041	3		
3	Зам. ВФ	1	-1,313	1	0,2675	3
	Per.BXXP	2	-1,925	6		
	Зам. ФЭМКГ	4	-1,155	5		
	Зам. ЭДГ	6	2,002	3		
	Per.BK2P	11	0,905	4		
	Зам. клапанов ГРМ с регул.	12	3,092	2		
4	ОЧФКл ХХР	3	1,165	2	1,7370	2
	Зам. ДК	7	2,309	1		



#### Интервалы межсервесного пробега



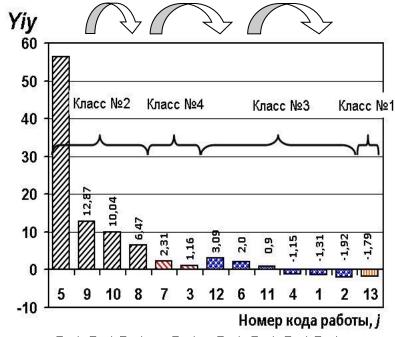
Порядок диагностирования классов:



Порядок выполнения работ внутри классов

L = 40-50 T.KM.

Порядок диагностирования классов: №2, №4, №3, №1





Направление диагностирования



#### Технология диагностирования и ремонта системы питания и ЭСУД ГБА

#### Предварительный этап

1. Проверка герметичности газовой системы питания с помощью:

Течеискателя



Мыльного раствора



2. Считывание кодов ошибок с газового ЭБУ



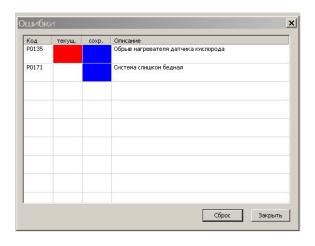




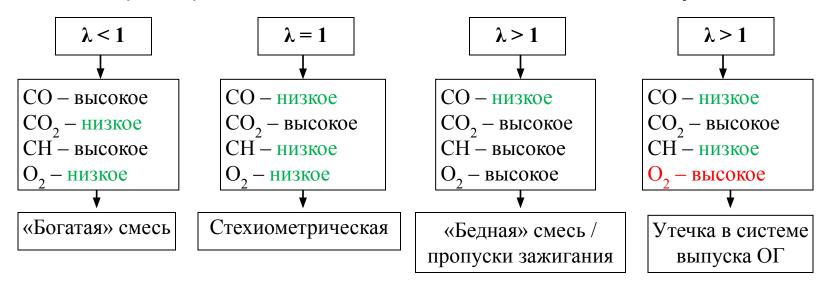
#### Предварительный этап технологии диагностирования

3. Считывание ошибки с бензинового ЭБУ





4. Определение содержания СО, СН, СО2, О2 и λ после нейтрализатора и сделать предварительный вывод о качестве топливно-воздушной смеси





#### Технология диагностирования

5. Определить направление дальнейших контрольно-диагностических работ



6. Определить приоритетность выполнения контрольно-диагностических работ в соответствии с накопленным ГБА пробегом по

ОПТИМАЛЬНЫМ планом поиска для этого межсервисного пробега





#### Заключительный этап технологии диагностирования

- 7. Устранить неисправности
- 8. Определение содержания СО, СН, СО2, О2 и λ после нейтрализатора
- 9. Повторно прочитать ошибки с ЭБУ ГСП и ЭБУ Bosch и сделать вывод о качестве топливно-воздушной смеси и работоспособности системы питания и управления

