

# Обновление на 02-15 23/1-2007

Написал о причинах колебаний оборотов на ХХ. Еще немного поработаю над температурой. Потом перейду к фундаментальному описанию алгоритма работы датчика детонации. Планирую дополнить сайт случаями ремонта KE из жизни и электрическими схемами KE. В дальнейшем перейду к другим системам впрыска. Пишите, если у вас есть свои истории ремонта и просто если есть что написать.

## Электрическая часть системы впрыска KE-jetronic

### Введение

Основная проблема, возникающая при ремонте иномарок - отсутствие информации. Особенно сильно это проявляется при диагностике систем впрыска. Так как данные, приводимые в руководствах по ремонту явно неполные, приходится руководствоваться аналогиями с другими, более известными системами. Поэтому просьба к читающим это пособие не относиться к приведенной информации как к догме и рассматривать приведенные данные не как абсолют. Тем не менее, хочется надеяться, читатель получит ясное представление о работе электрической части KE, что поможет ему легко отремонтировать эту систему впрыска. Напоминаю, что KE-jetronic является механической системой впрыска с электронной коррекцией. Поэтому для правильного понимания работы KE необходимо в первую очередь разобраться с механической частью, описание которой было проведено в соответствующей части пособия.

### Общее описание системы впрыска

Для нормальной работы системы впрыска электронный блок управления (по-английски ECU) должен принимать следующие сигналы с датчиков:

- нагрузка на двигатель
- обороты двигателя
- расход воздуха
- температура двигателя
- состав смеси
- наличие холостого хода
- наличие полной нагрузки на двигатель
- детонация из-за раннего УОЗ

На основе полученных сигналов ECU определяет, в каком режиме находится двигатель:

- запуск двигателя
- прогрев двигателя
- холостой ход
- рабочий режим
- полная нагрузка
- режим отсечки топлива (принудительный холостой ход)

В зависимости от режима и сигналов с датчиков ECU управляет следующими параметрами

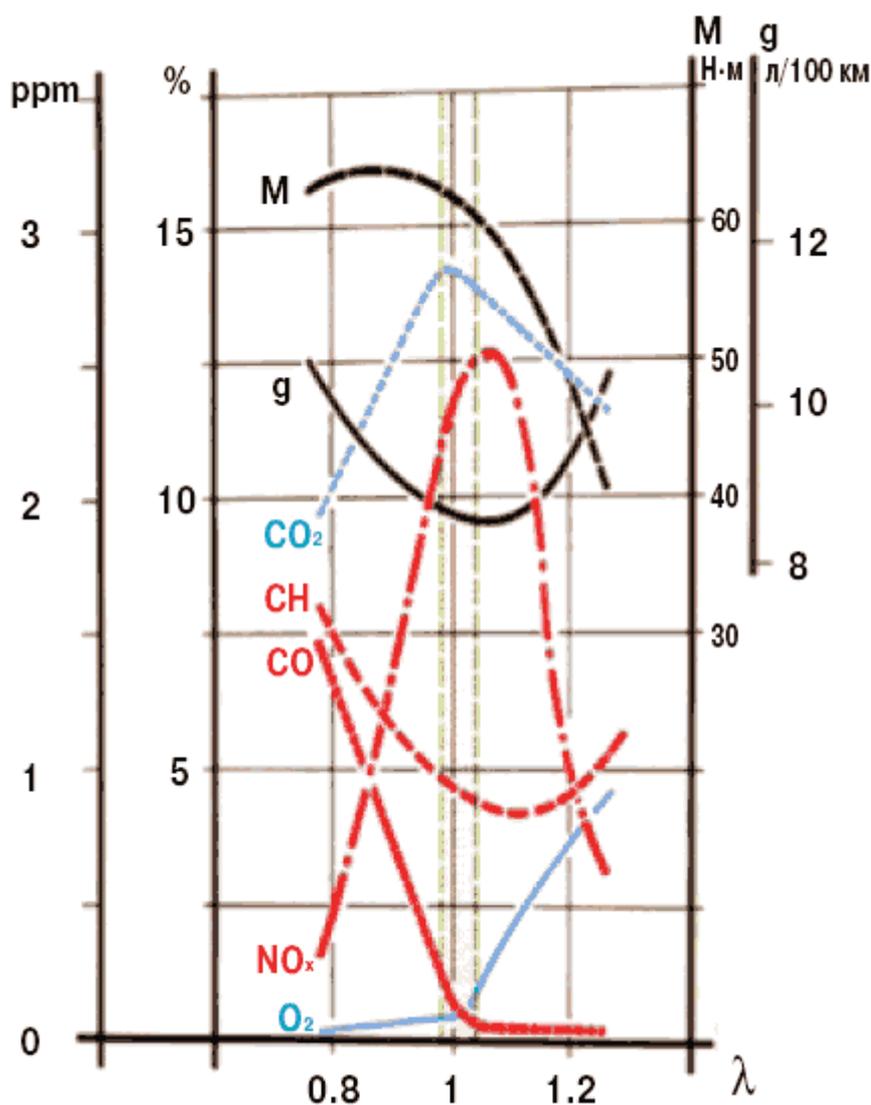
- количество топлива в смеси
- УОЗ
- степень открытия РХХ (регулятора холостого хода)

## Теоретические основы работы подсистемы дозирования топлива

Целью системы дозирования топлива служит поддержание необходимого соотношения воздух/топливо. Это соотношение в англоязычной литературе называется ALF. Теоретически для сгорания 1 кг топлива необходимо 14,7 кг воздуха, поэтому идеальный  $ALF = 14,7$ . К сожалению, для идеального сгорания топлива нужны идеальные условия. На практике они не соблюдаются и поэтому ALF не равен 14,7 на всех режимах работы двигателя.

Также для описания работы системы впрыска применяется параметр, называемый "Лямбда" -  $\lambda$ . Любая система впрыска создает топливо-воздушную смесь.  $\lambda$  показывает, сколько лишнего воздуха присутствует в этой смеси. В идеале, если  $ALF = 14,7$ , то  $\lambda = 1$ . Это означает, что лишнего воздуха нет. Если воздуха больше нормы,  $\lambda > 1$ . Если воздуха меньше нормы,  $\lambda < 1$ .

Максимальная экономия топлива будет при  $\lambda = 1,05$ . Максимальная мощность будет при  $\lambda = 0,9$ . Минимальные выбросы будут при  $\lambda = 1$ .



**Рисунок 1 - Зависимость параметров работы двигателя от  $\lambda$**

$M$  - крутящий момент,  $g$  - расход топлива,  $CO_2$   $CH$   $CO$   $NO_x$   $O_2$  - выбросы

Пока двигатель холодный, часть топлива из смеси оседает на стенках впускного коллектора и

на стенках камеры сгорания, смесь тяжело поджечь и она не полностью сгорает. Поэтому на холодную необходимо больше бензина, чем в идеале. Это означает, что на холодную  $ALF < 14,7$  и  $\lambda < 1$ .

После прогрева на режимах без разгона в двигатель подается смесь с  $\lambda = 1$ . При разгоне необходимо обогащение смеси ( $\lambda < 1$ ). В момент разгона водитель открывает дроссельную заслонку и разрежение во впускном коллекторе резко уменьшается - т.е. давление вырастает. Не все поданное форсункой топливо поступает в цилиндр двигателя, а часть его остается во впускной системе в виде топливной пленки. Количество выпавшего в пленку топлива зависит прежде всего (при прочих равных условиях) от величины абсолютного давления во впускной системе. Система впрыска должна компенсировать уменьшение количества топлива. Другая, куда более важная причина обогащения смеси при разгоне - необходимость высокого крутящего момента для хорошей динамики, что обеспечивается при  $\lambda = 0,9$  (см. [рисунок 1](#)). В KE это обеспечивается [механической частью](#).

Нагрузка на двигатель - упрощенно говоря это мощность двигателя, необходимая в данный момент. Чем больше вы выжали педаль газа, тем больше нагрузка на двигатель.

При предельных нагрузках от двигателя требуется максимальная мощность, при этом  $\lambda = 0,9$ .

## Теоретические основы работы подсистемы зажигания

Угол опережения зажигания (далее УОЗ) зависит от нескольких параметров. С уменьшением нагрузки (прикрытием дроссельной заслонки) при постоянной частоте вращения наполнение цилиндров свежей смесью уменьшается, а процентное содержание остаточных газов в рабочей смеси увеличивается, смесь горит медленнее и требуется увеличение угла опережения зажигания.

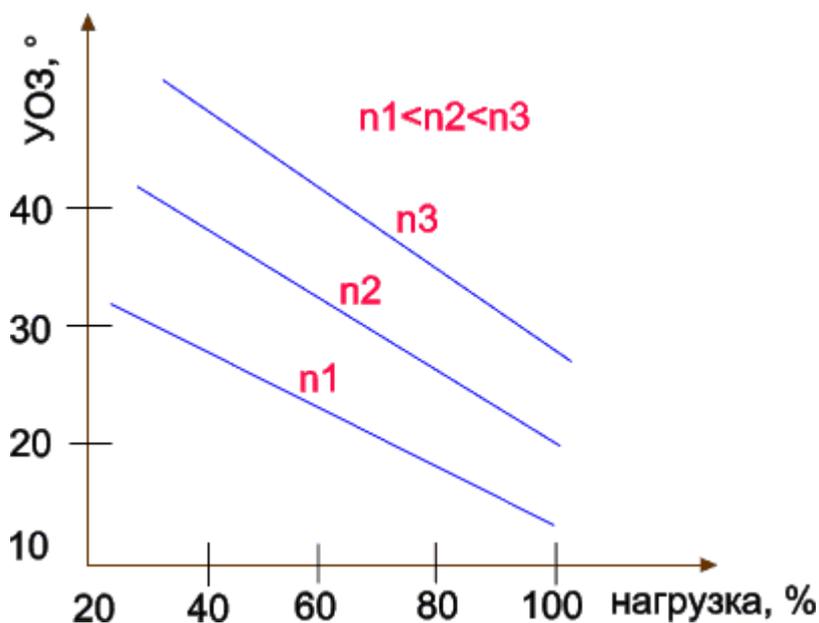


Рисунок 2 - Зависимость УОЗ от нагрузки при различных оборотах

## Датчики KE-jetronic

### Потенциометр напорного диска

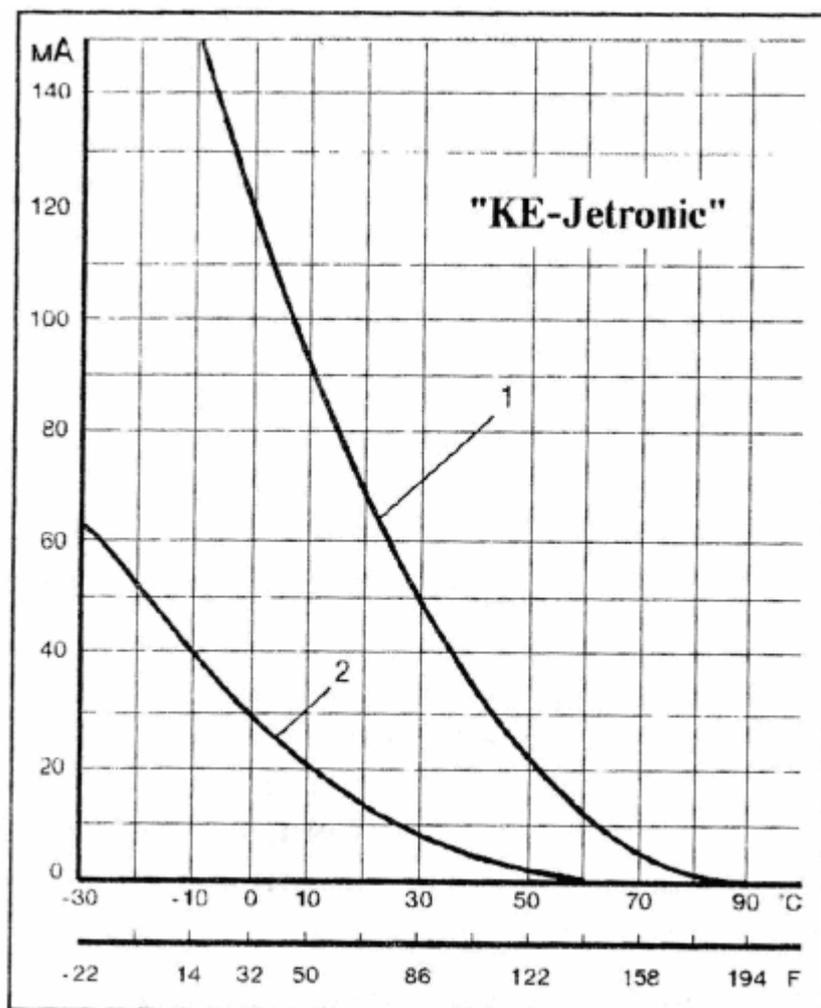
ПНД информирует ECU о нагрузке. Сигнал ПНД используется в следующих режимах:

- прогрев - для обогащения смеси при ускорении
- все режимы кроме ХХ и запуска - регулирование УОЗ

Пока двигатель не прогрелся, обогащение смеси при ускорении должно быть больше, чем на горячую. Поэтому на холодную ECU учитывает сигнал ПНД и обогащает смесь в момент разгона. Величина обогащения зависит от

- оборотов
- температуры
- нагрузки (сигнала ПНД)

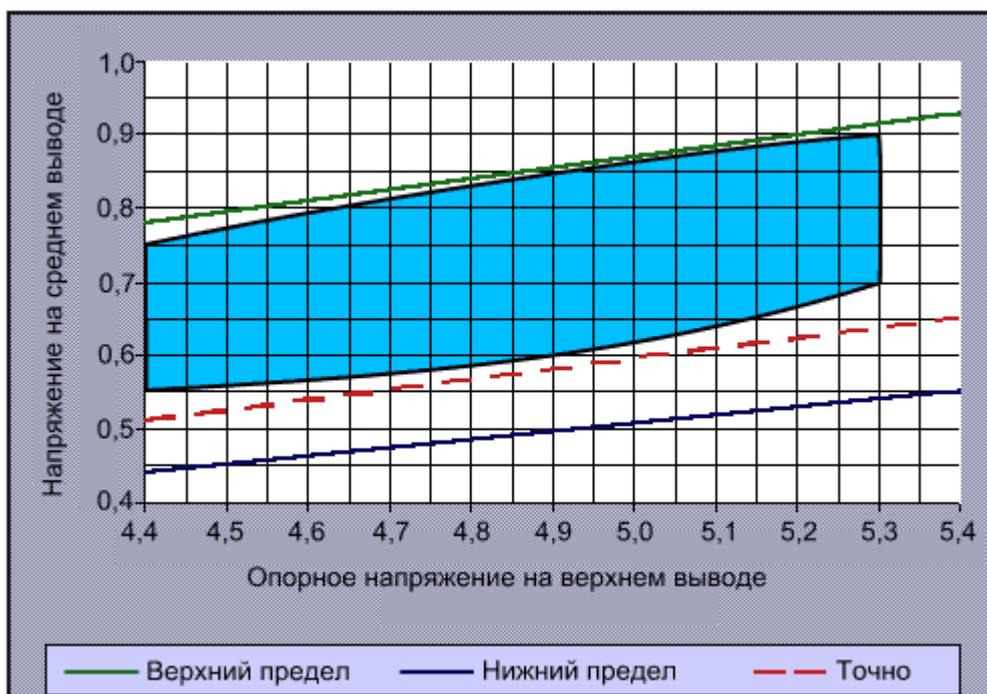
Обогащение при ускорении запускается при температурах менее 80 градусов с помощью импульса тока на ЭГРД длительностью 1 сек.



**Рисунок 3 - Токи ЭГРД в режиме прогрева**

1 - максимально возможное обогащение смеси при ускорении, 2 - при прогреве двигателя

Вследствие того, что сигнал ПНД используется для УОЗ и для корректировки состава смеси (при ускорении на холодную), важно точно выставить напряжение ПНД на ХХ.



**Рисунок 4 - Напряжение ПНД на холостом ходу в зависимости от опорного напряжения на верхнем выводе ПНД**

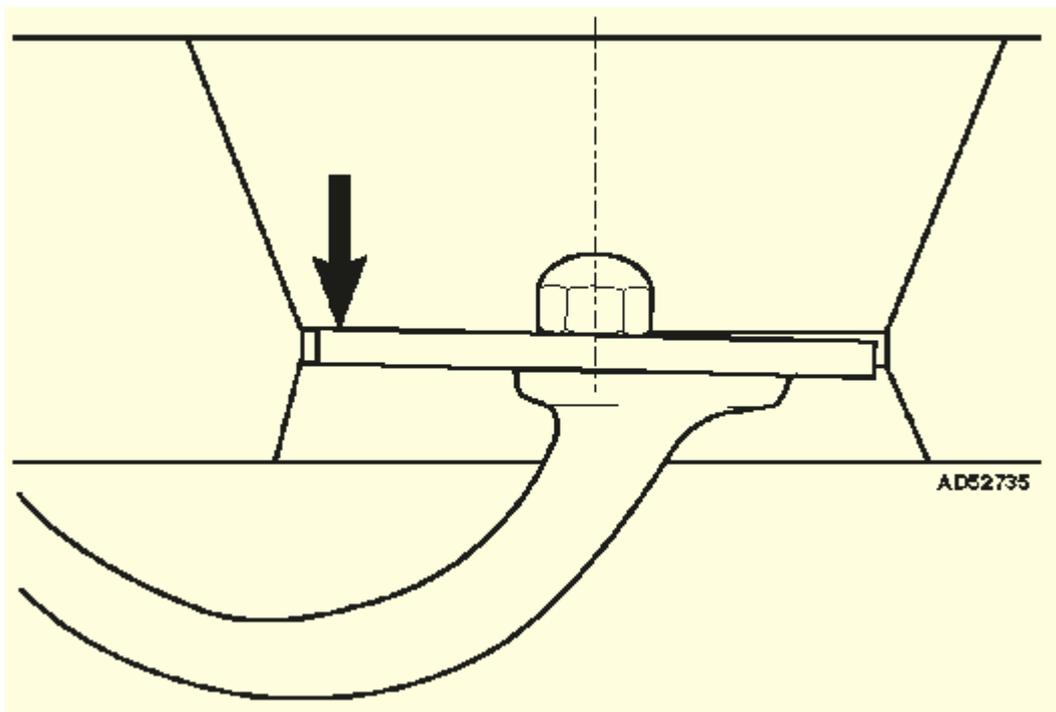
График для Mercedes. Голубым выделена типичная зона для всех KE - информация Autodata

### Порядок настройки ПНД

Информация взята из Autodata (Audi, KE-jetronic/motronic)

Перед процедурой регулировки необходимо убедиться, что сопротивление между массой и нижним выводом ПНД равно нулю и что УОЗ на ХХ выставлен правильно.

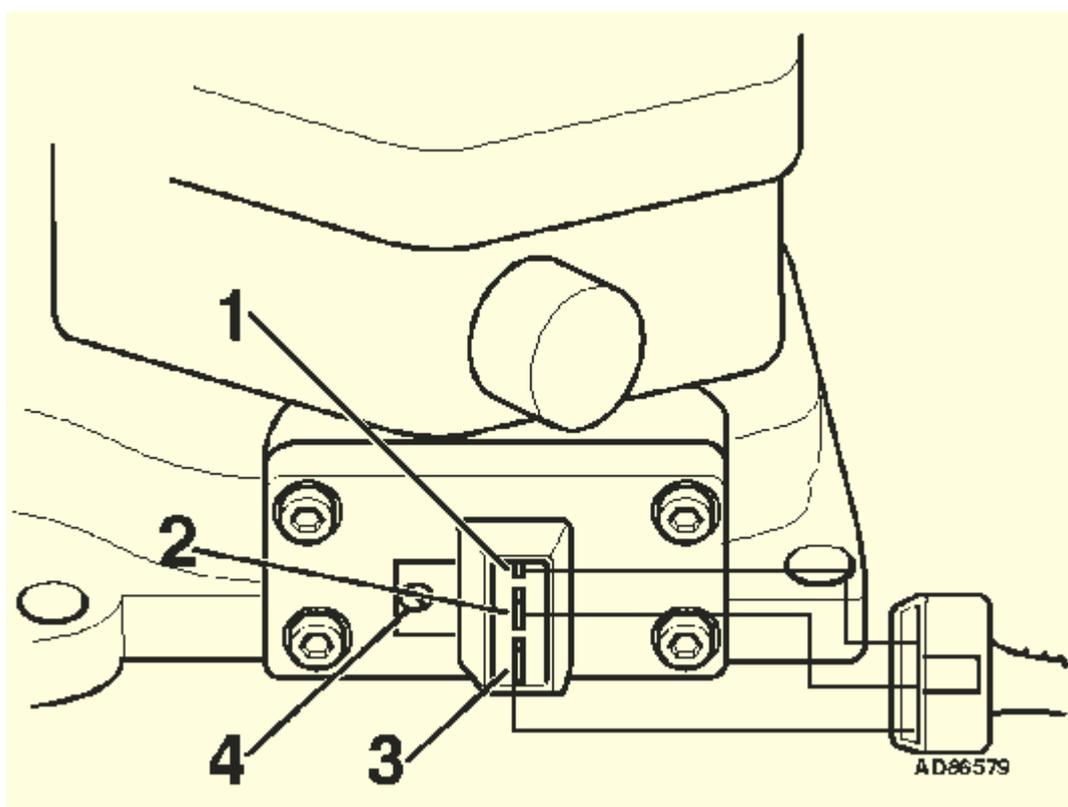
- Выключить зажигание
- Снять с воронки дозатора верхний кожух
- Обеспечить возможность замера напряжения на разъеме ПНД
- Ослабить винты, крепящие ПНД
- Включить зажигание
- Выровнять верхний край НД с переходом на расширение воронки дозатора, как показано на рисунке 5



**Рисунок 5 - Позиция НД при начальной регулировке ПНД**

- Перемещать ПНД до тех пор, пока напряжение на среднем выводе разъема относительно нижнего вывода не будет равно 0,02-0,2 вольт
- Затянуть винты, крепящие ПНД

**Комментарии diagnost'a:** Как можно увидеть, мы задаем начальное напряжение на ПНД в момент выхода НД в расширяющуюся часть воронки. Другими словами, синхронизируем работу мехчасти и электрической части системы впрыска. Отсюда становится ясна необходимость предварительной настройки начальных положений НД и плунжера дозатора, что описано в мехчасти KE



**Рисунок 6 - разъем ПНД**

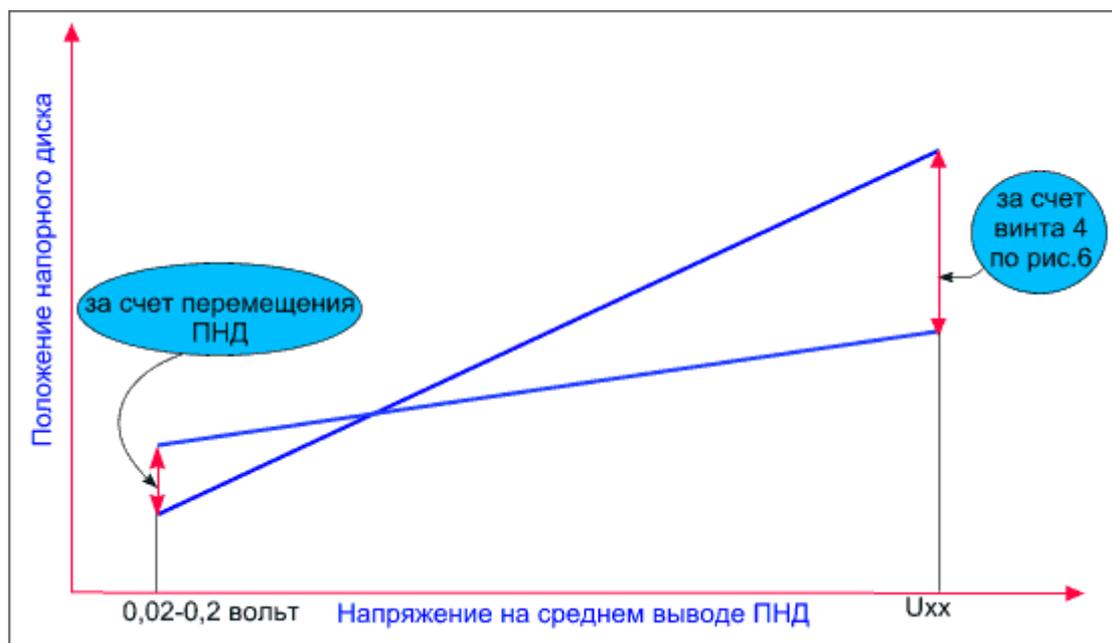
вывод 1 - нерегулируемое опорное напряжение с ЭБУ; вывод 2 - выход сигнала ПНД; вывод 3 - масса

- Надеть кожу на воронку дозатора
- Измерить напряжение на верхнем выводе разъема ПНД (опорное напряжение) и запомнить его
- Завести двигатель и дать ему поработать не менее 4 сек
- Снять разъем с РХХ, пережать патрубок от РХХ струбиной, добиваясь сжатием струбины оборотов ХХ. Например, на AUDI с двигателем AAR обороты ХХ равны 720. После этого можно измерить и при необходимости выставить напряжение ПНД.

**Комментарии diagnost'a:** струбина необходима для того, чтобы избавиться от некоторой нестабильности оборотов при работе РХХ, что повлияет на точность измерения. Рекомендую отсоединить разъем с ЭГРД - это приведет к еще более стабильному ХХ

- Проверить УОЗ и при необходимости выставить его (процедура будет рассмотрена ниже - diagnost)
- Измерить напряжение между средним выводом ПНД и массой. Оно должно соответствовать графику на [рисунке 4](#). По данным Mitchell On-Demand для Mercedes допустимый диапазон напряжения 0,57-0,81 вольт.
- Если соответствия нет, то необходимо:
  - проверить тракт впускного коллектора на подсос
  - если подсоса нет, настроить напряжение винтом 4 по [рисунку 6](#)

Как можно видеть, настройка характеристики ПНД ведется по двум точкам - по начальной точке в момент выхода НД в расширяющуюся воронку и по точке ХХ.



**Рисунок 7 - Напряжение в точках настройки ПНД**

### Причины ритмичных колебаний оборотов ХХ

Если сигнал ПНД выходит на ХХ из рабочей зоны (см. [рисунком 4](#)), ECU воспринимает это как неисправность ПНД и переходит в аварийный режим (режим аварии по ПНД). Сигнал ПНД выходит из рабочей зоны по трем причинам: неправильно отрегулированное положение ПНД, истертость ПНД, подсос воздуха.

ECU в режиме аварии по ПНД отключает РХХ для обеспечения гарантированного ХХ при любой нагрузке.

После отключения РХХ обороты ХХ при исправном настроенном КЕ будут равны 1100 и, естественно, никакой регулировки оборотов не будет.

1. Подсоса нет. Если ЛЗ "убит" и очень медленно переключается, состав смеси будет меняться в такт с работой ЛЗ. При изменении состава смеси будут меняться и обороты ХХ. 1100 оборотов будет при идеальном составе смеси ( $\lambda=1$ ), при обеднении обороты падают довольно резко (зависимость оборотов от  $\lambda < 1$  велика), при обогащении обороты почти не упадут (зависимость оборотов от  $\lambda > 1$  незначительна). Следовательно, обороты ХХ будут ритмично колебаться, не превышая 1100 оборотов.
2. При подсосе воздух идет в обход НД. Если подсос достаточно большой, сигнал ПНД на ХХ не войдет в рабочую зону (см. [рисунок 4](#)) и ECU перейдет в режим аварии по ПНД. РХХ будет отключен.
  - 2.1 Если подсос между РХХ и ПНД, количество воздуха на ХХ не увеличится, т.к. ограничивается РХХ. Возможно возникновение колебаний из-за "убитого" ЛЗ (см. пункт 1 этого подраздела)
  - 2.2 Если подсос после РХХ, воздух подсоса идет, минуя РХХ, во впускной коллектор. Количество воздуха будет больше, чем без подсоса, а смесь беднее. ECU по сигналу ЛЗ обогатит бедную смесь (может быть даже до  $\lambda=1$ , в зависимости от величины подсоса). Смеси при подсосе будет много и обороты ХХ могут превысить обороты отсечки по [рисунок 10](#). Подача топлива прекратится и обороты ХХ упадут. После возобновления подачи топлива обороты ХХ вновь вырастут (из-за влияния обогащения через сигнал ЛЗ) и т.д. Обороты ХХ будут ритмично колебаться, не превышая оборотов отсечки (не более 1500 оборотов). Естественно, колебания оборотов ХХ могут быть и в этом случае подсоса из-за "убитого" ЛЗ.

Можно сделать вывод - если в режиме аварии по ПНД имеют место колебания ХХ, не превышающие 1100, ЛЗ "убит". Если при подсосе колебания ХХ сильно не доходят до оборотов отсечки, ЛЗ "убит".

Не лишне заметить, что **ЛЗ можно проверить, если снять разъем с ПНД** и завести двигатель. ECU перейдет в режим аварии по ПНД. Если при этом возникнут колебания ХХ, ЛЗ подлежит замене.

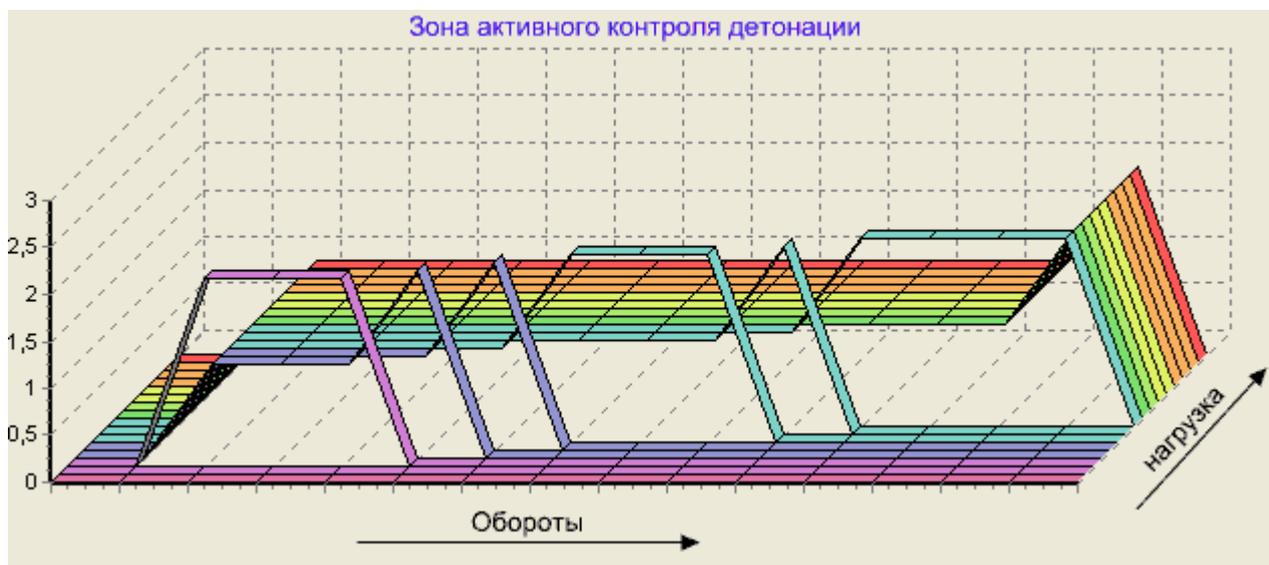
## Проверка ПНД на сопротивление

(по рекомендации Mitchell On-Demand для Mercedes)

Так как все машины с КЕ отходили не менее 10 лет, обычно ПНД истерт. Зона истертости находится в районе оборотов ХХ и чуть выше ХХ. Если есть подозрение в неработоспособности ПНД, следует поступить следующим образом:

- выключите зажигание
- отсоедините разъем с ПНД
- проверьте сопротивление между выводами 1 и 3 ([рисунок 6](#)). Оно должно составлять 3600-4400 Ом
- Присоедините омметр между выводами 3 и 2 и медленно перемещайте НД. Сопротивление должно монотонно увеличиваться примерно до середины хода НД, а затем монотонно уменьшаться

Двигатель, в зависимости от нагрузки и оборотов, может работать в зоне возможной детонации или в зоне полного отсутствия детонации. Естественно, УОЗ корректируется по сигналу ДД только в первом случае. Чем больше нагрузка (чем сильнее вы нажали на газ), тем в более широком диапазоне оборотов возможно возникновение детонации.



**Рисунок 8 - Контроль детонации в зависимости от нагрузки и оборотов**

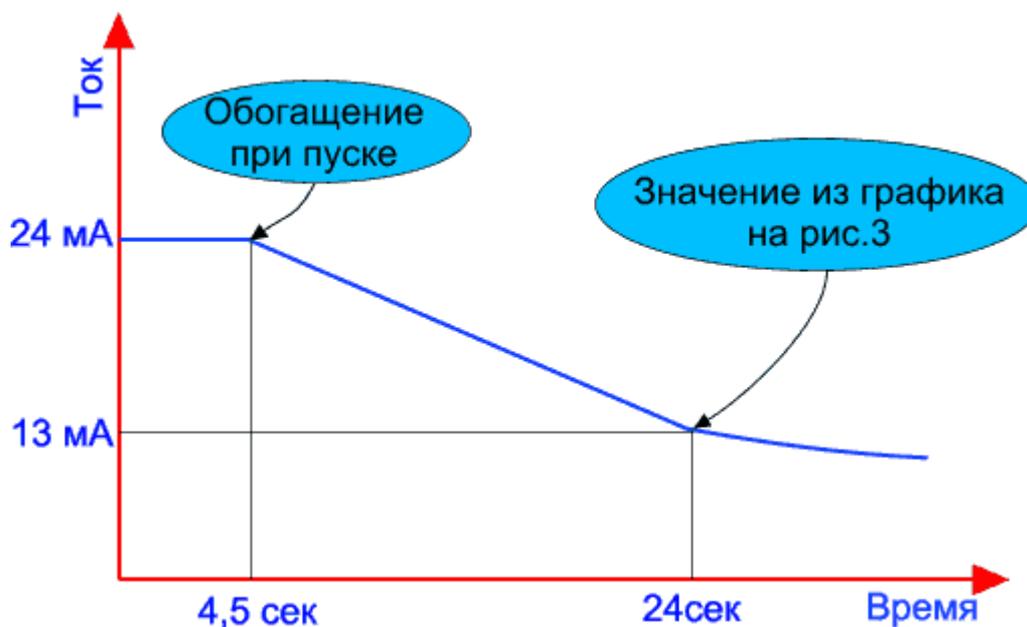
### Датчик температуры

Сигнал датчика температуры используется в следующих режимах:

- пуск на холодную - задает время работы пусковой форсунки, а также время и степень обогащения смеси сразу после запуска (не путать с обогащением при прогреве!)
- прогрев - задает степень обогащения на любых оборотах и при ускорении
- прогрев - обороты отсечки и возобновления подачи топлива при принудительном ХХ
- прогрев - корректировка УОЗ

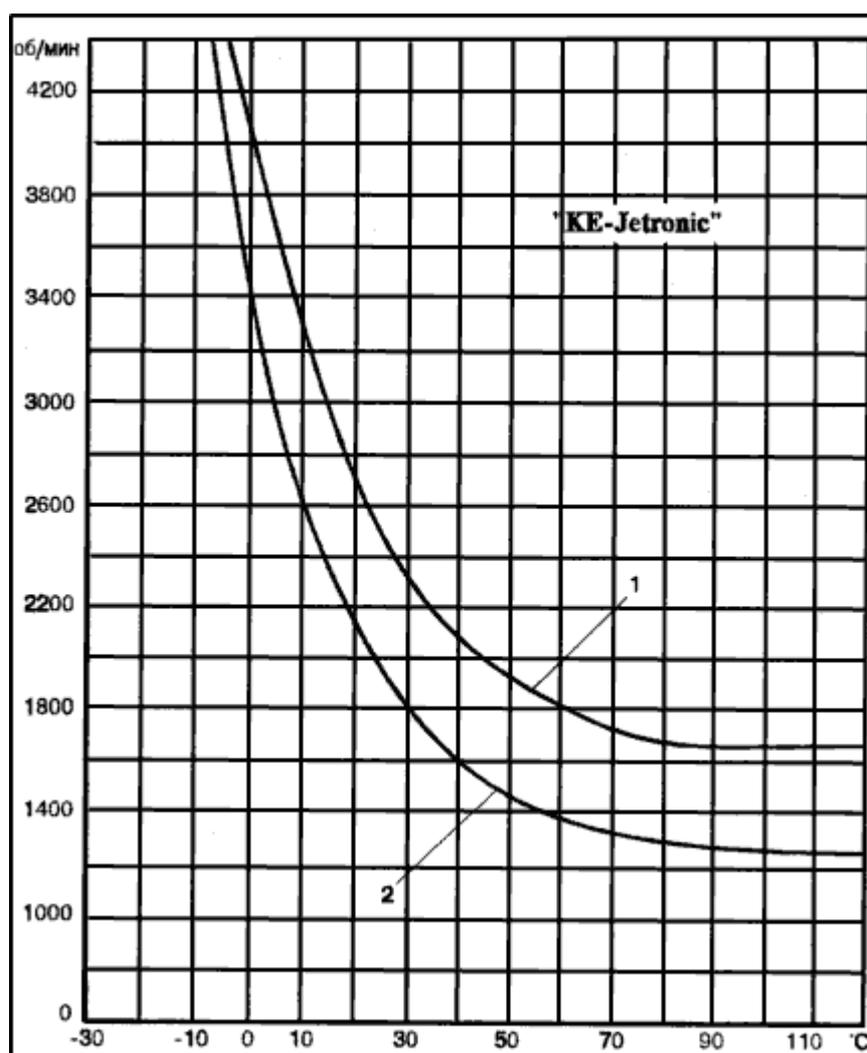
В режиме "пуск на холодную" время работы пусковой форсунки зависит от сигнала датчика температуры. Пусковая форсунка работает одновременно со стартером. Как только двигатель заведется, пусковая форсунка отключается, даже если это произойдет до предполагаемого окончания работы пусковой форсунки.

В режиме "пуск на холодную" в фазе после запуска ECU на короткое время обогащает смесь даже более, чем показано на [рисунке 3](#) (кривая 2). Это сделано для того, чтобы машина адекватно реагировала на педаль газа и для того, чтобы компенсировать сопротивление вращению густого масла в двигателе и коробке передач. Сначала какое-то время обогащение максимально, затем в течение нескольких секунд монотонно уменьшается до обогащения при прогреве из рисунка 3 (кривая 2)



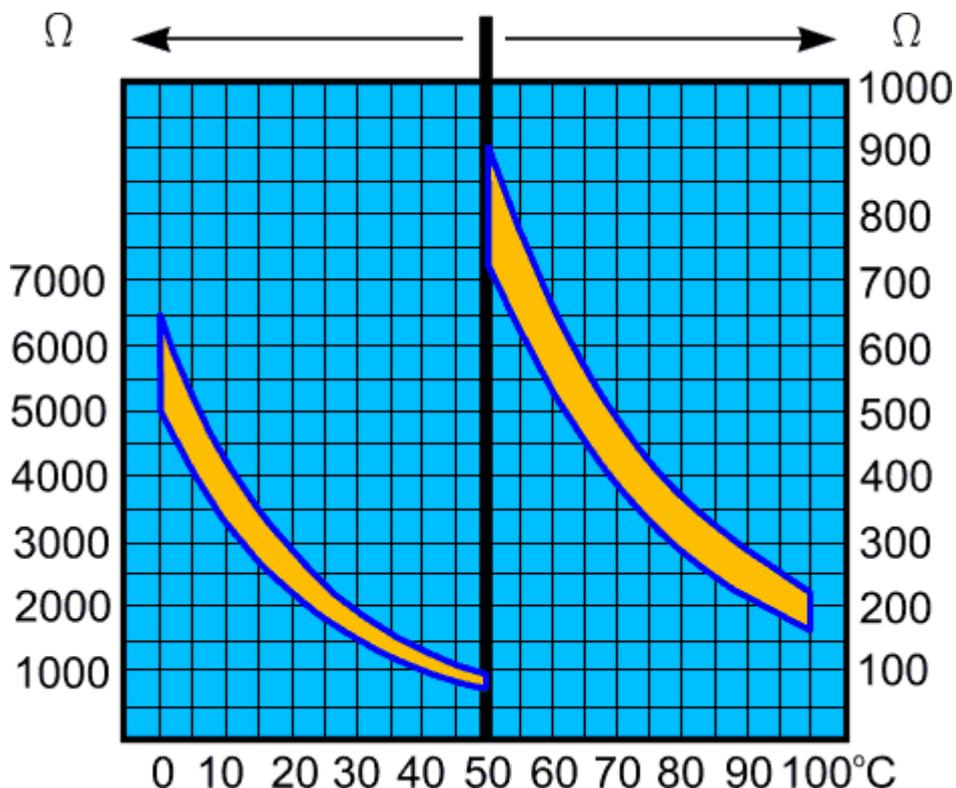
**Рисунок 9 - Обогащение после пуска двигателя при температуре 20°C**

Обороты прекращения и возобновления подачи топлива при принудительном холостом ходе также зависят от температуры.



**Рисунок 10 - Обороты принудительного холостого хода в зависимости от температуры**

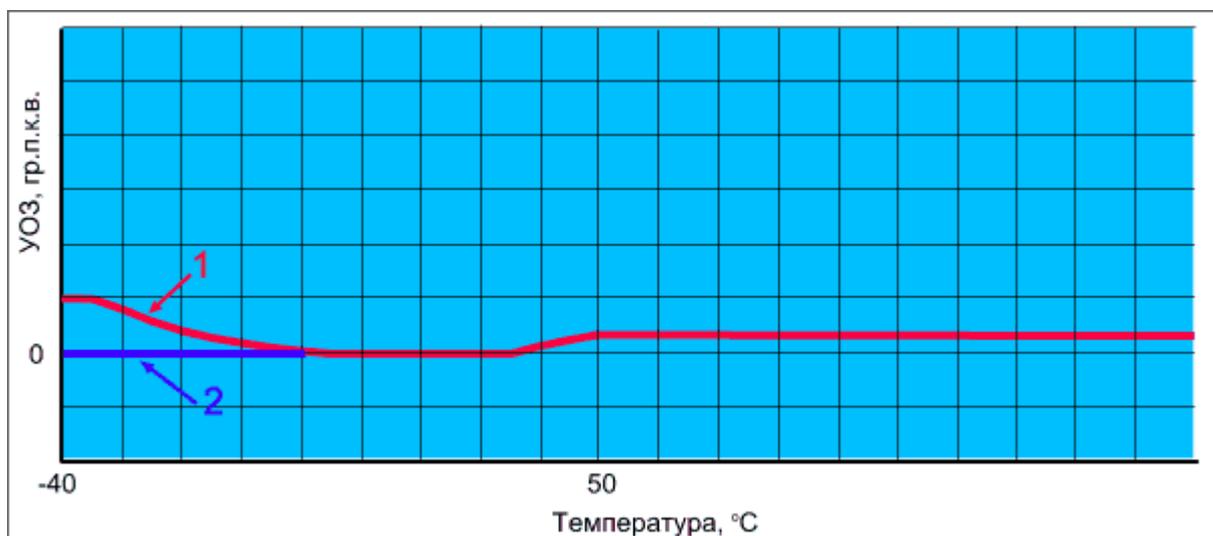
1 - прекращение подачи топлива при торможении двигателем, 2 - возобновление подачи



**Рисунок 11 - Датчик температуры - зависимость сопротивления датчика от температуры**

На холодную смесь горит хуже и время горения увеличивается, следовательно, УОЗ с понижением температуры надо делать раньше. Однако на самых низких температурах на ХХ желателен поздний УОЗ, так как масло становится вязким, сопротивление вращению двигателя высокое. При раннем УОЗ на ХХ сопротивление вращению двигателя еще увеличится и будет чрезмерно большим.

В современных системах впрыска учитывается сопротивление вращению, в устаревших нет. Автору неизвестен точный алгоритм регулировки УОЗ на ХХ системы KE в зависимости от температуры. Поэтому ниже приведен лишь примерный график по аналогии с другими системами впрыска. Но думается, тенденции будут общими и для KE



**Рисунок 12 - Поправка УОЗ от температуры на ХХ**

1 - УОЗ на ХХ с компенсацией сопротивления вращению на низких температурах,

2 - УОЗ на ХХ без компенсации сопротивления вращению на низких температурах

Поправка по рисунку 12 вычитается из табличного значения УОЗ на ХХ. Отметим, что это базовое значение угла опережения зажигания, оно корректируется в ту или иную сторону при регулировке частоты вращения.