

# Лекция №3.

## Системы впрыска бензина.

3.1. Центральный впрыск топлива (моно впрыск).

3.2. Распределенный (многоточечный) впрыск топлива.

3.3. Система непосредственного впрыска топлива.

3.4. Датчики систем впрыска.

### 3.1.Центральный впрыск топлива (моновпрыск).

Центральный впрыск топлива предполагает наличие на месте карбюратора одной форсунки.

Топливо впрыскивается во впускной коллектор, где оно перемешивается с воздухом, и готовая ТВС распределяется по цилиндрам.

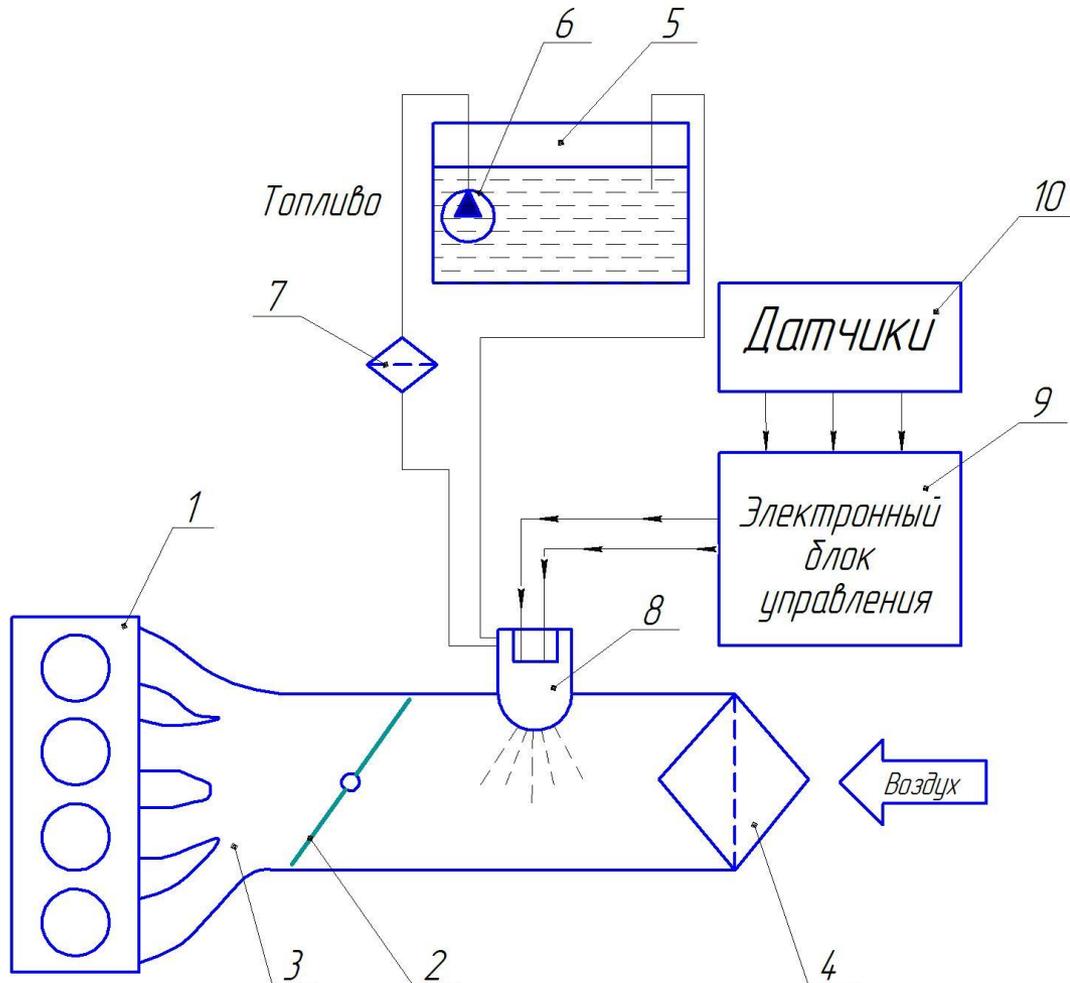


Рис. 3.1.система  
центрального впрыска  
Mono-Jetronic:

- 1 – двигатель;
- 2 – дроссельная заслонка;
- 3 – впускной коллектор;
- 4 – воздушный фильтр;
- 5 – топливный бак;
- 6 – бензонасос;
- 7 – фильтр тонкой очистки;
- 8 – центральная форсунка  
впрыска;
- 9 – ЭБУ;
- 10 – блок датчиков

Центральная форсунка впрыска объединяет в себе несколько функциональных блоков:

- регулятор давления;
- непосредственно форсунка;
- датчик температуры воздуха;
- электродвигатель привода дроссельной заслонки;
- потенциометр дроссельной заслонки.

Регулятор давления поддерживает в системе постоянное рабочее давление 0,1 МПа и остаточное давление, которое предотвращает образование воздушных пробок.

Когда двигатель не заглушен, форсунка обеспечивает импульсный впрыск топлива.

Она представляет собой электромагнитный клапан, который управляется ЭБУ.

Дроссельная заслонка регулирует объем поступающего воздуха.

Она оборудована двумя механизмами управления:

- механическим, осуществляющимся от педали газа;
- электрическим, посредством специального сервомеханизма.

Электрический привод служит для стабилизации минимальных оборотов холостого хода, с принудительным открытием дроссельной заслонки без нажатия педали акселератора.

Блок датчиков включает следующие основные единицы:

- датчик положения распределительного вала (определяет момент впрыска);
- датчик положения дроссельной заслонки;
- датчик температуры воздуха;
- датчик температуры охлаждающей жидкости;
- датчик частоты оборотов двигателя;
- выключатель сервопривода;
- датчик концентрации кислорода (лямбда-зонд);

При работе ДВС сигналы с датчиков поступают в ЭБУ, где осуществляется их анализ.

Затем подается сигнал на электромагнитный клапан форсунки, она открывается, и топливо (бензин) под давлением распыляется во впускной коллектор.

Здесь оно смешивается с воздухом, образуя ТВС, готовая смесь в свою очередь подается в цилиндры двигателя.

Система автоматической стабилизации оборотов на основании сигнала от выключателя сервопривода открывает дроссельную заслонку на определенный угол, чем достигается устойчивая работа на холостом ходу.

## 3.2. Распределенный (многоточечный) впрыск топлива.

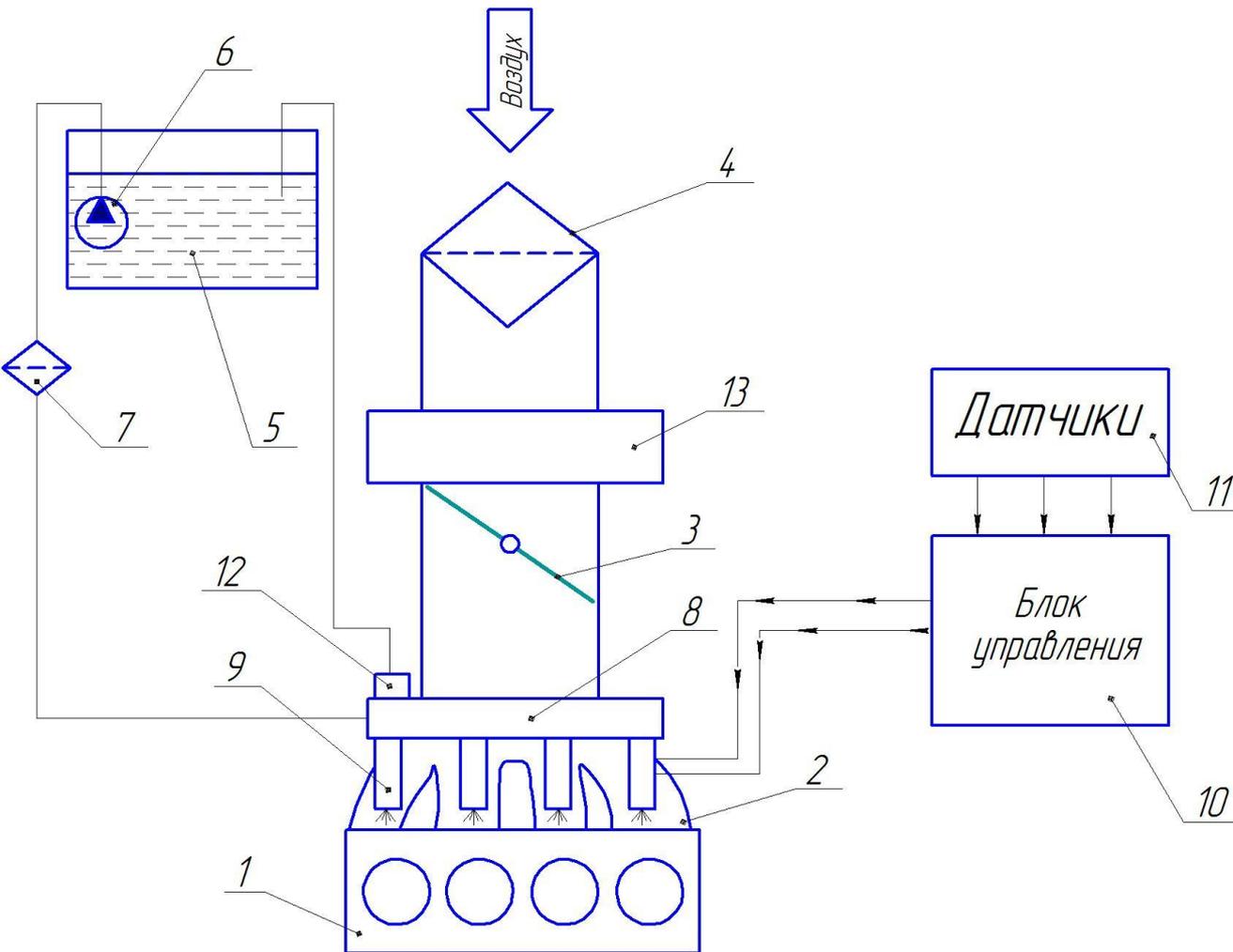


Рис 3.2. Система распределенного впрыска:

- 1 – двигатель;
- 2 – впускной коллектор;
- 3 – дроссельная заслонка;
- 4 – воздушный фильтр;
- 5 – топливный бак;
- 6 – электробензонасос;
- 7 – фильтр тонкой очистки топлива;
- 8 – топливная рампа;
- 9 – форсунка;
- 10 – ЭБУ;
- 11 – датчики управления;
- 12 – регулятор давления топлива;
- 13 – массовый расходомер воздуха

Работа системы заключается во впрыске топлива во впускной коллектор в непосредственной близости от впускного клапана.

Впрыск топлива осуществляется отдельной форсункой для каждого цилиндра. Системы распределенного впрыска бывают по принципу действия системами непрерывного и импульсного впрыска.

На сегодняшний день наиболее распространены следующие системы:

- K-Jetronic (механизм непрерывного впрыска топлива);
- KE-Jetronic (механизм непрерывного впрыска топлива с электромагнитным управлением);
- L-Jetronic (импульсный впрыск топлива с электромагнитным управлением).

Импульсный впрыск топлива обеспечивается электромагнитным управлением.

Топливная рампа с регулятором давления предназначена для распределения топлива по форсункам и поддержания постоянного давления топлива, а так же для устранения его пульсаций, возникающих при работе форсунок.

ЭБУ на основе показаний датчиков определяет время начала впрыска и необходимый объем топлива, то есть цикловую подачу.

Массовый расходомер воздуха обеспечивает качественное регулирование ТВС.

В соответствии с объемом воздуха впрыскивается определенная порция топлива.

В блок датчиков входят следующие основные единицы:

- датчик температуры воздуха;
- датчик массового расхода воздуха;
- датчик положения дроссельной заслонки;
- датчик высоты над уровнем моря;
- датчик-распределитель зажигания;
- датчик температуры охлаждающей жидкости;
- термореле.

Бензин из бака электробензонасосом прокачивается через ФТО и поступает в топливную рампу, где и распределяется по форсункам.

Блок датчиков передает информацию в ЭБУ, где формируется управляющий импульс, подаваемый на форсунки.

Форсунка производит впрыск заданного количества топлива в определенное время.

В системе имеются дополнительные приспособления для облегчения пуска двигателя.

При пуске и прогреве двигателя, и так же в режиме максимальной нагрузки система обеспечивает автоматическое обогащение смеси за счет увеличения цикловой подачи топлива.

### 3.3. Система непосредственного впрыска топлива.

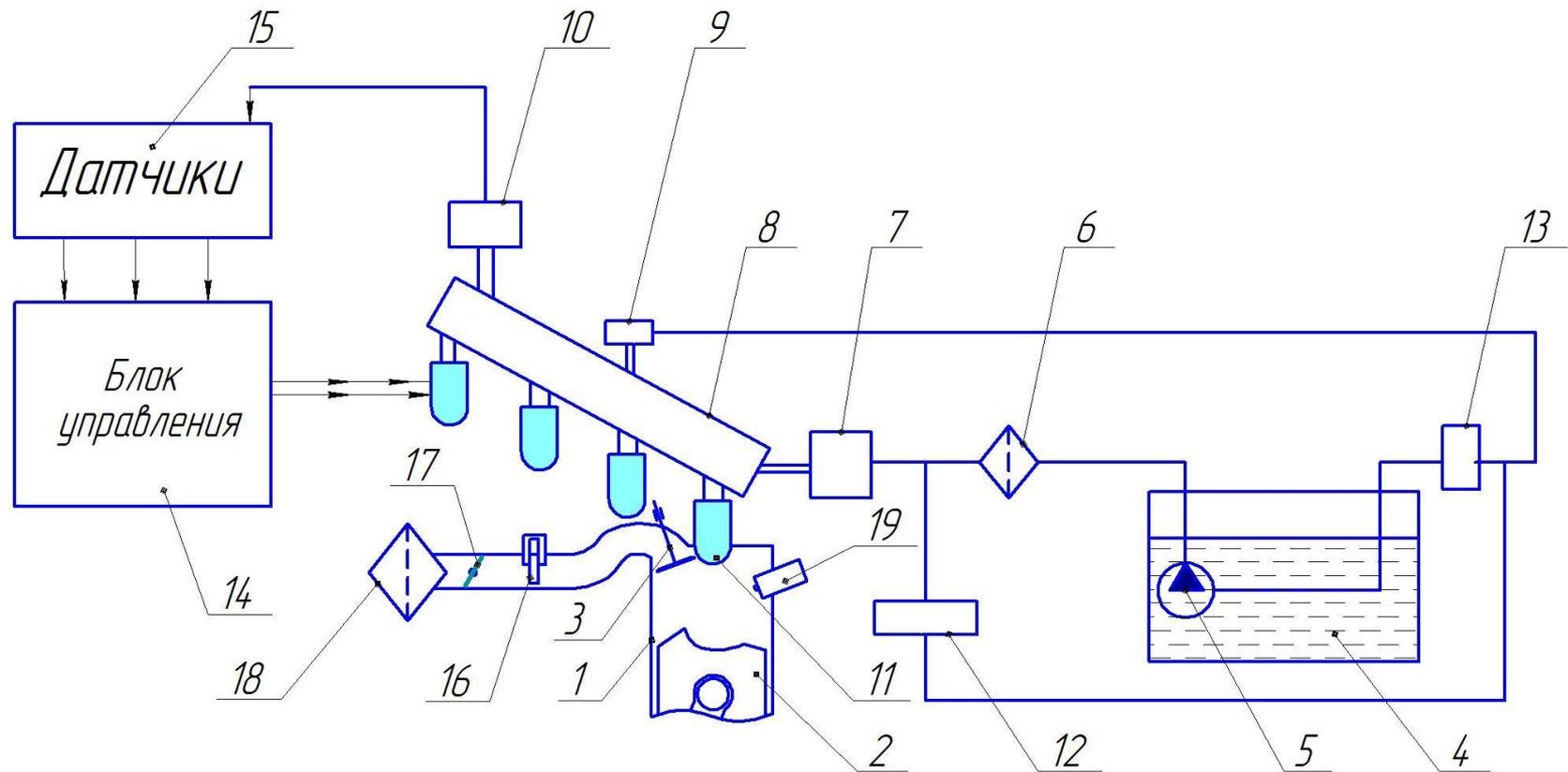


Рис. 3.3. Система непосредственного впрыска:

- |                            |                                   |                            |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 – цилиндр;               | 8 – топливная рампа;              | 14 – ЭБУ;                  |
| 2 – поршень;               | 9 – предохранительный клапан;     | 15 – блок датчиков;        |
| 3 – впускной клапан;       | 10 – датчик высокого давления;    | 16 – воздушная заслонка;   |
| 4 – топливный бак;         | 11 – форсунка;                    | 17 – дроссельная заслонка; |
| 5 – топливный насос;       | 12 – перепускной клапан;          | 18 – воздушный фильтр      |
| 6 – фильтр тонкой очистки; | 13 – регулятор давления топлива ; |                            |
| 7 – ТНВД;                  |                                   |                            |

Система непосредственного впрыска топлива (GDI – gasoline direct injection) отличается от системы распределенного впрыска тем, что форсунки расположены в цилиндрах и впрыск топлива осуществляется непосредственно в цилиндр.

Топливо впрыскивается под большим давлением, а специальная форма днища поршня обеспечивает вихревое движение воздуха для лучшего смесеобразования.

Вариацией такой системы является система послойного впрыска топлива (FSI – fuel stratified injection).

Система состоит из двух основных контуров: низкого и высокого давления.

Контур низкого давления: топливный бак, топливный насос, ФТО, перепускной клапан, регулятор давления топлива.

Контур высокого давления: ТНВД, трубопровод высокого давления, рампа, датчик высокого давления, предохранительный клапан, форсунки.

В результате работы системы непосредственного впрыска топлива возможны следующие виды смесеобразования:

- послойное (малые и средние нагрузки);
- стехиометрическое гомогенное смесеобразование (высокие обороты и высокие нагрузки);
- гомогенное (промежуточные режимы).

Послойное смесеобразование:

- дроссельная заслонка почти полностью закрыта;
- впускные заслонки закрыты;
- воздух поступает к камере сгорания с большой скоростью, одновременно завихряясь;
- топливо впрыскивается непосредственно в зону электродов свечи зажигания на такте сжатия;
- в районе электродов образуется смесь с коэффициентом избытка воздуха  $1,5 \dots 3,0$ , она воспламеняется и сгорает, так как в остальном объеме КС содержится достаточное количество воздуха.
- расход очень маленький, так как цикловая подача уменьшена до минимума.

Гомогенное (однородное) стехиометрическое смесеобразование:

- впускные заслонки открыты, дроссельная заслонка

открывается в соответствии с положением педали акселератора;

- впрыск топлива производится на такте впуска, образуется однородная гомогенная смесь;

- коэффициент избытка воздуха = 1;

Смесь воспламеняется от искры и эффективно сгорает во всем объеме.

Гомогенная смесь:

- дроссельная заслонка максимально открыта, впускная заслонка закрыта;

- создание интенсивного движения воздуха в цилиндрах;

- впрыск топлива на такте впуска;

- коэффициент избытка воздуха = 1,5;

- возможно добавление отработавших газов при рециркуляции до 25% по объему.

Давление впрыска в такой системе варьируется от 3 до 11 МПа, устройство ТНВД аналогично насосу из дизельной ТПА.

### 3.4. Датчики систем впрыска.

Расходомер воздуха.

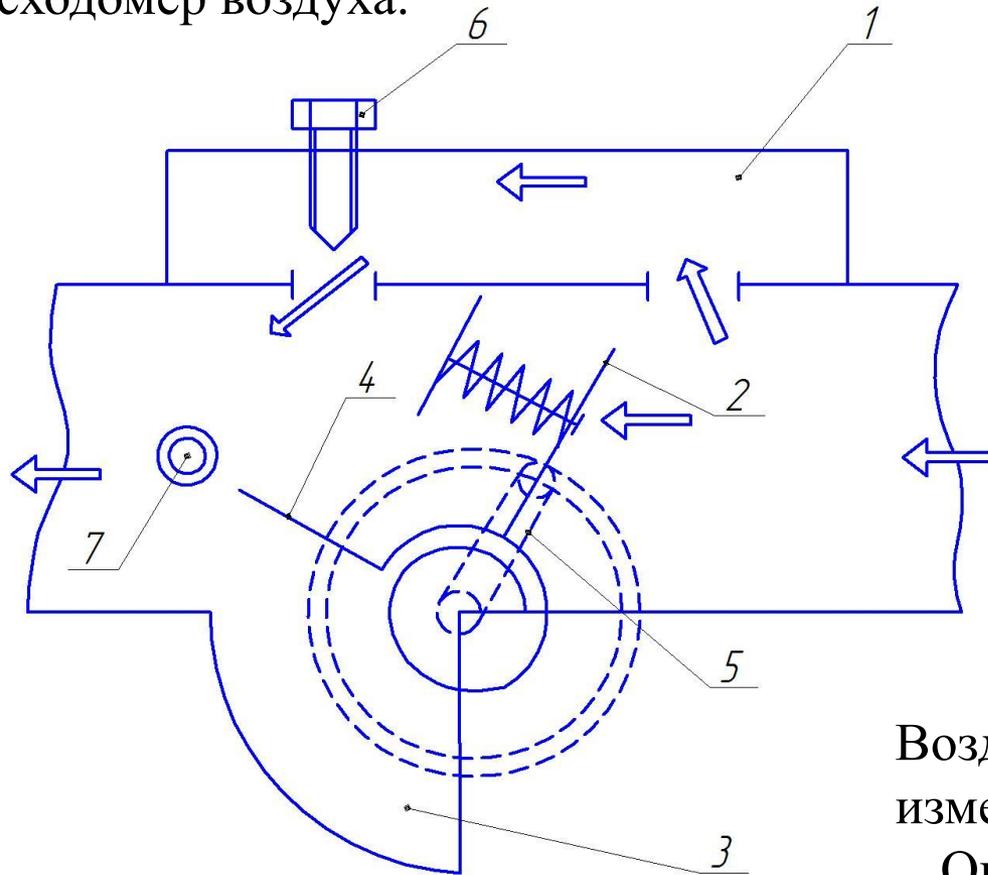


Рис. 3.4. Механический расходомер воздуха:  
1 – байпасный канал;  
2 – измерительная заслонка;  
3 – демпфер;  
4 – пластина демпферная;  
5 – потенциометр;  
6 – винт холостого хода;  
7 – датчик температуры воздуха

Воздушный поток воздействует на измерительную заслонку 2.

Она поворачивается на определен-

ный угол, перемещая ползунок потенциометра 5.

В потенциометре изменяется сопротивление и, как следствие, напряжение, которое пропорционально расходу воздуха.

Демпфер 3 с пластиной 4 служит для гашения колебаний, возникающих из-за пульсации воздушного потока и динамического воздействия (разгон-торможение, силы инерции).

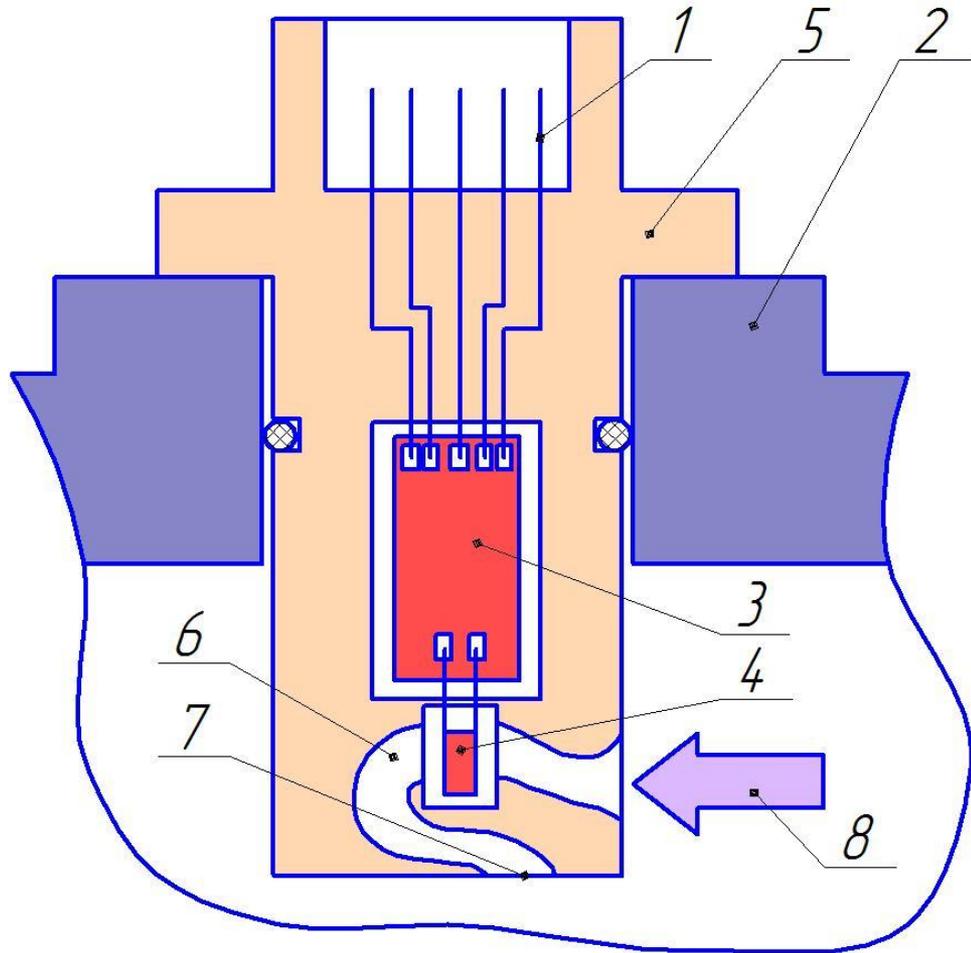


Рис. 3.5. Термопленочный датчик массового расхода воздуха:  
 1 – контакты;  
 2 – стенка корпуса воздушного фильтра;  
 3 – электронный чип;  
 4 – измерительный элемент;  
 5 – корпус датчика;  
 6 – измерительный канал частичного потока;  
 7 – отверстие выхода измеряемого частичного потока воздуха;  
 8 – частичный поток воздуха на впуске

Принцип работы термопленочного расходомера основан на изменении напряжения на чувствительном элементе в зависимости от его температуры.

Чем интенсивнее поток воздуха, тем сильнее остывает чувствительный элемент, и тем сильнее меняется его сопротивление и, следовательно, напряжение в измерительном контуре.

Чувствительный элемент может быть выполнен в виде пластиковой нити (диаметр 100 мкм) или в виде пленки.

## Датчик давления

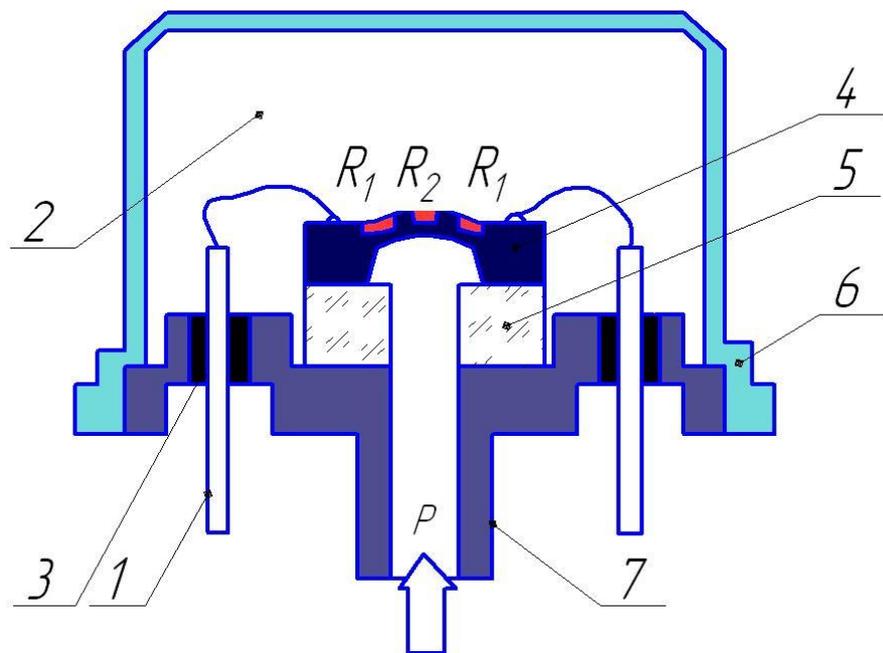


Рис. 3.6. Датчик с вакуумной полостью со стороны измерительного элемента:  
1, 3 – электрические выводы со стеклянными изоляторами;  
2 – вакуумная полость;  
4 – измерительный чип с электронной схемой;  
5 – стеклянный цоколь;  
6 – крышка;  
7 – подача измеряемого давления;  
 $R_1$  – тензорезистор, работающий на сжатие;  
 $R_2$  – тензорезистор, работающий на растяжение

В зависимости от величины действующего давления мембрана измерительного элемента 4 прогибается на величину 10...1000 мкм.

В при изменении механического напряжения в тензорезисторе  $R_2$  сопротивление уменьшается, а в двух резисторах  $R_1$  растет.

В результате напряжение в измерительной сети изменяется, и его величина служит входным сигналом для ЭБУ.

## Датчик температуры охлаждающей жидкости.

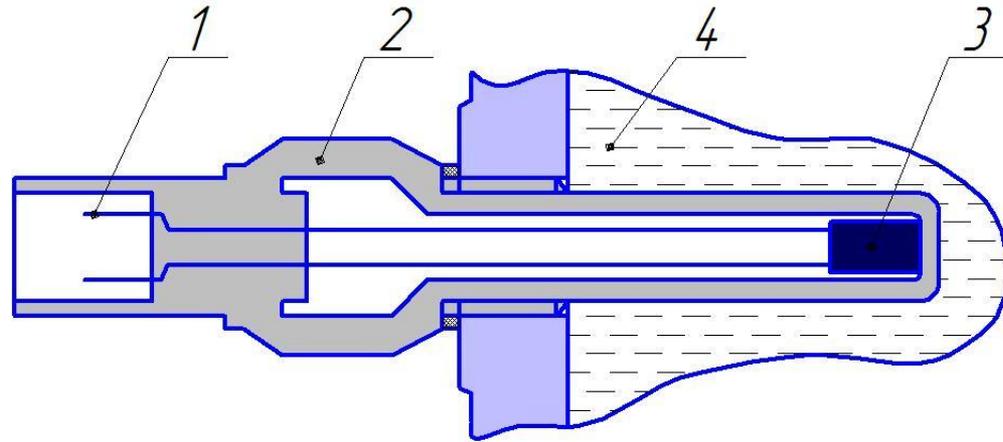


Рис. 3.7. Датчик температуры охлаждающей жидкости:

1 – разъем;

2 – корпус;

3 – измерительный резистор;

4 – охлаждающая жидкость

Основным элементом датчика является измерительный полупроводниковый резистор 3.

С ростом температуры его сопротивление уменьшается, следовательно, изменяется напряжение в измерительной цепи, которое и является входным сигналом в ЭБУ.

## Датчик частоты вращения.

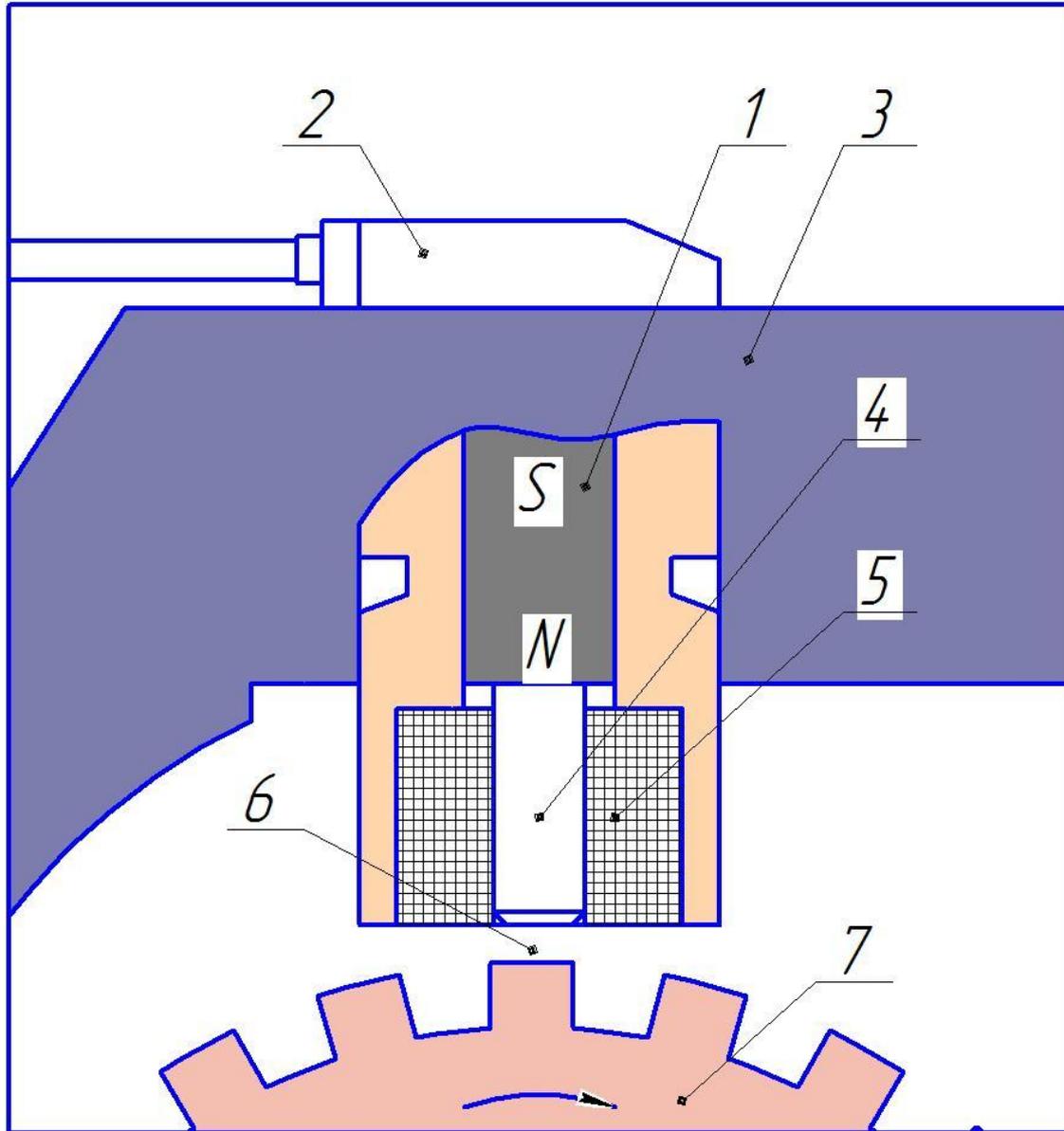


Рис. 3.8. Индуктивный датчик частоты вращения:  
1 – постоянный магнит;  
2 – корпус с датчиком;  
3 – картер двигателя;  
4 – полюсный наконечник;  
5 – катушка индуктивности;  
6 – воздушный зазор;  
7 – импульсное колесо с меткой

Датчик монтируется напротив закрепленного на валу ферромагнитного импульсного колеса 7.

Между датчиком и колесом имеется воздушный зазор.

В датчике имеются полюсный наконечник в виде мягкого железного сердечника, окруженный катушкой индуктивности 5.

Наконечник 4 соединен с постоянным магнитом 1.

Магнитное поле проходит через полюсный наконечник вглубь импульсного колеса.

При вращении вала происходит изменение интенсивности магнитного потока:

- когда напротив датчика зуб – он увеличивается;
- когда впадина – уменьшается.

В результате в катушке индуцируется э.д.с. в виде синусоиды.

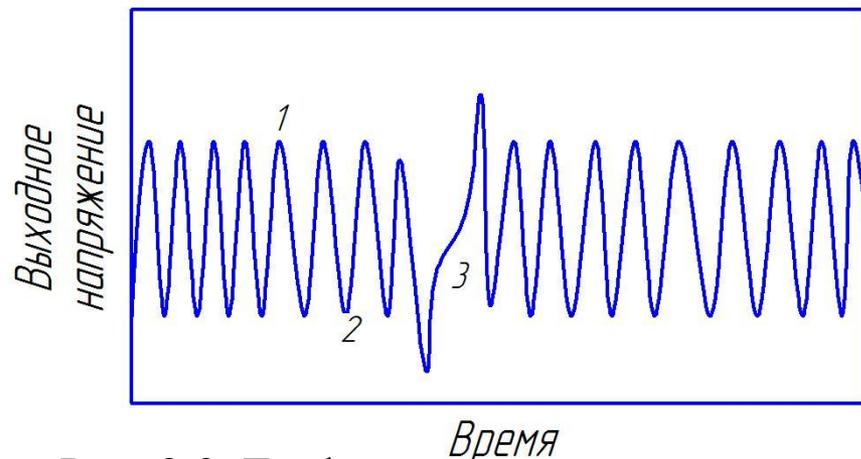


Рис. 3.9. График сигнала индуктивного датчика частоты вращения

При прохождении мимо датчика опорной метки (чаще всего 1 пропущенный зуб), возникает скачок напряжения, который и является входным сигналом для ЭБУ.

# Датчик кислорода (лямбда-зонд).

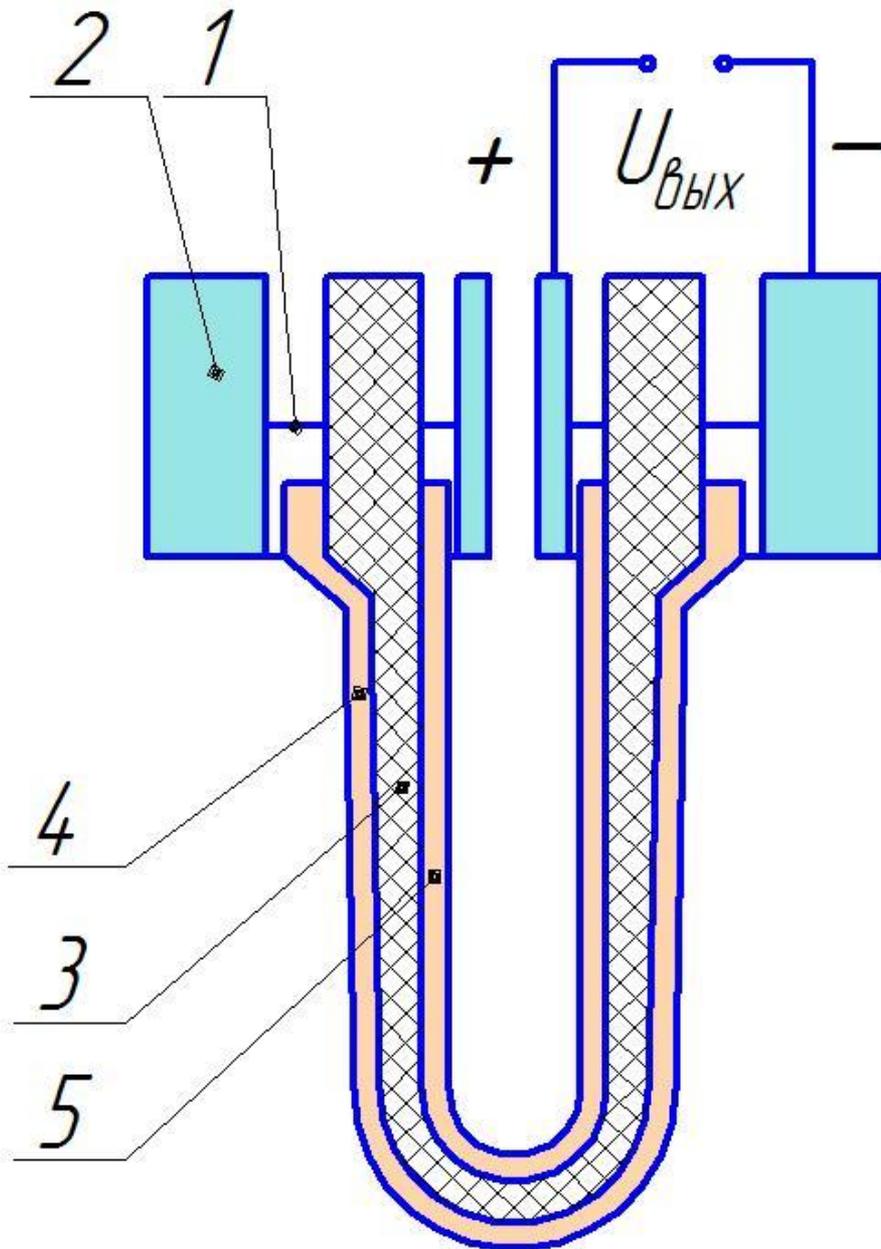


Рис. 3.10. Датчик кислорода:  
1 – электропроводное уплотнение;  
2 – корпус;  
3 – твердый электролит;  
4, 5 – внешний и внутренний электроды

Циркониевый датчик имеет два выполненных из пористой платины электрода – внешний 4 и внутренний 5.

Электроды разделены слоем твердого электролита, в качестве которого выступает диоксид циркония  $ZrO_2$ .

Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода.

Внешний электрод омывается потоком ОГ с переменным парциальным давлением кислорода.

Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, приводит к возникновению разности потенциалов между ними.

При работе двигателя на обогащенной смеси, уровень парциального давления кислорода в ОГ низкий, поэтому в датчике возникает относительно высокое напряжение (700...1000 мВ).

При переходе на обедненную смесь парциальное давление кислорода в ОГ заметно увеличивается.

При этом напряжение в датчике падает до 50...100 мВ.

Это позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью  $\pm 0,5\%$ .