

межуточный упор 3 неподвижен, сила  $P$ , опускающая иглу, увеличивается в 2,83 раза. Значит, посадка иглы ускоряется, быстродействие форсунки растёт. И если после открытия перепускного клапана при неподвижном упоре 3 секция ТНВД продолжает подавать топливо (отсечка еще не произошла), давление  $p_{\phi} = p_{г.з}$  растёт, увеличивая силу  $P$  и ускоряя опускание иглы. Например, при  $p_{\phi} = p_{г.з} = 85$  МПа ( $850$  кгс/см<sup>2</sup>) и  $p_c = 0,25p_{\phi} = 21,3$  МПа ( $212,5$  кгс/см<sup>2</sup>)  $P = 788$  Н ( $80,3$  кгс).

По условию, отраженному в формуле № 3, перепускной клапан мо-

жет закрываться и при более высоком давлении, чем принятое в нашем примере, следовательно, отрыв подвижного упора произойдет при более высоком давлении впрыскивания, что весьма желательно, так как позволяет улучшить качество смесеобразования и условия зарождения реакций горения основной подачи.

### Литература

1. Вейнблат М.Х. Снижение дымности отработавших газов форсированного дизеля на режиме холостого хода / М.Х. Вейнблат, П.А. Федякин // Двигателестроение. 1990. № 11. С. 8–10.
2. Вейнблат М.Х. Поиск аномалий процесса топливоподачи дизелей ДМ21 (6ЧН21/21 и 8ЧН21/21) / М.Х. Вейнб-

лат, С.А. Корж // Двигателестроение. 1991. № 1. С. 18–21.

3. Гнатюк Е.В. Улучшение показателей работы дизеля 8Ч12/12 на режиме холостого хода / Е.В. Гнатюк, И.А. Гаврилова // Двигателестроение. 1982. № 2. С. 37–39.
4. Грехов Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов / 2-е изд. / Л.В. Грехов, Н.А. Ивашенко, В.А. Марков. М.: Легион-Автодата, 2005. — 344 с.
5. Гуревич А.Н. Топливная аппаратура тепловозных дизелей / А.Н. Гуревич. — М.: Транспорт, 1971. — 204 с.
6. Федорец Ю.Я. Исследование причин неравномерности подачи топлива по циклам / Ю.Я. Федорец // Тепловозы и тепловозные двигатели: Труды ХИИЖТ. Вып. 104. Харьков, 1968. С. 18–22.
7. Федотов Г.Б. Топливные системы тепловозных дизелей. Ремонт, испытания, совершенствование / Г.Б. Федотов, Г.И. Левин. — М.: Транспорт, 1983. — 192 с.

УДК 621.431.73

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Кандидаты техн. наук В.В. ГЕРАШЕНКО и М.Я. ЯСКЕВИЧ;  
Е.Н. САФРАНКОВ, А.В. КУКИШЕВ

Белорусско-Российский университет

*Разработана интеллектуальная система автомобильных дизелей. В качестве диагностических параметров приняты среднее значение и среднеквадратическое отклонение перемещения рейки топливного насоса. Применение системы позволит снизить расходы на эксплуатацию машин с дизелями.*

*Ключевые слова: интеллектуальные системы, диагностические критерии, дизель, топливный насос высокого давления.*

Gerashenko V.V., Jaskevich M.J., Saprankov E.N., Kukishev A.V.  
INTELLECTUAL SYSTEM OF CHECK UP OF AUTOMOBILE DIESEL

*There was worked out and described an intellectual system of check up of automobile diesel carried out aboard. As diagnostic criteria were taken: medium mean; medium quadratic shift in movement of a part of the working body of the fuel pump of high pressure.*

*The appliance of this system make it possible to decrease the expenses on using the machines with diesel engines.*

*Keywords: intellectual systems, diagnostic criteries, diesel, fuel pump of high pressure.*

Опыт применения бортовых микропроцессорных систем диагностирования давно уже доказал, что с их установкой снижается расход топлива автотранспортными средствами, токсичность отработавших газов их ДВС, повышается КПД последних [1, 2]. Однако известно и другое: таких систем в настоящее время выпускается очень много. И это многообразие моделей и модификаций настораживает: значит, все они чем-то не устраивают потребителей. Иначе говоря, имеют недостатки.

Чтобы убедиться в этом, специалисты БРУ провели специальное исследование, в ходе которого установили: у серийных бортовых систем диагностирования, действительно, недостатки есть и связаны они либо с ограниченными функциональными возможностями, либо с конструктивным исполнением. Отсюда вывод: не-

обходима система, лишенная этих недостатков. И такой системой применительно к дизелю может быть система диагностирования по перемещению рейки его ТНВД. И вот почему.

Как показали результаты упомянутого выше исследования, многие известные системы диагностирования дизельных АТС имеют ограниченные функциональные возможности, так как в качестве диагностического параметра в них используется только один — среднеквадратическое отклонение частоты вращения коленчатого вала дизеля. Поэтому их эффективность с точки зрения расхода топлива оказывается невысокой.

Другие системы (см. например, пат. № 2011562, РФ) работают от датчика мгновенного расхода топлива (положения рейки ТНВД), блока определения среднеквадратического расхода топлива с измерительным прибором постоянного тока и блока определения среднего расхода топлива, выполненного в виде двух последовательно соединенных фильтров низких частот. Но и они тоже дают недостаточный выигрыш в топливной экономичности АТС, так как мгновенный расход топлива измеряется датчиком, в котором предусмотрено аналоговое преобразование сигналов, следовательно, имеет большие динамические погрешности при преобразовании этих сигналов. Кроме того, интегрирование, необходимое для получения статистических характеристик выходных сигналов датчика положения рейки ТНВД, выполнено с помощью интегрирования на базе сглаживающего фильтра в виде цепи, состоящей из резисторов и конденсаторов. Поэтому здесь всегда наблюдаются погрешности. Итог — снижение точности измерения статистических характеристик положения рейки.

Исправить сложившееся положение можно. Дело в том, что перемещение  $h_{рд}$  рейки ТНВД и крутящий момент  $M$  на его коленчатом валу в процессе эксплуатации АТС изменяются (рис. 1) случайным образом. В связи с чем эти параметры могут быть охарактеризованы такими статистическими характеристиками,

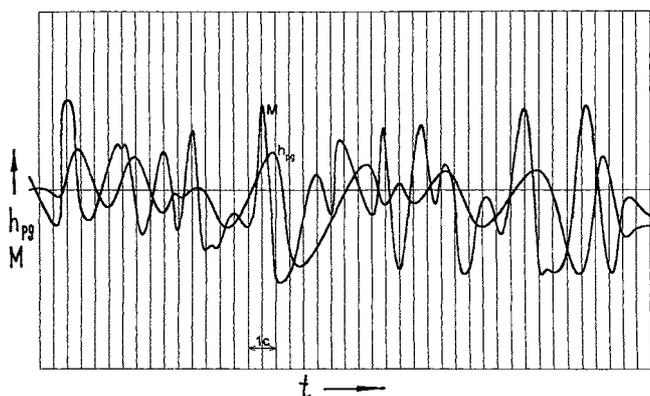


Рис. 1. Оциллограмма сигналов, соответствующих значению крутящего момента на выходе коленчатого вала дизеля и положению рейки ТНВД

как среднее значение  $h_{pd}$  и среднеквадратическое отклонение  $M$ . Причем при появлении неисправностей в дизеле значения обеих характеристик по сравнению с нормативными возрастают. Поэтому и возникает необходимость сравнения фактических характеристик с нормативными их значениями, что дает возможность принятия решения о наличии или отсутствии неисправностей.

Именно такая система и создана в БРУ. Она содержит (рис. 2) первый (50) и второй (57) регистраторы на панели 58 приборов в кабине 51 АТС; импульсный датчик 39 крутящего момента, установленный на коленчатом валу дизеля 4; импульсный датчик мгновенного расхода топлива, выполненный в виде датчика положения рейки 13 ТНВД; устройство микропроцессорной обработки сигналов, содержащее микропроцессор 52 с внутренней памятью в виде четырех (53, 54, 55 и 56) регистров общего назначения; первый (46) и второй (47) аналого-цифровые преобразователи; первый (63) и второй (68) цифро-аналоговые преобразователи; оперативное (65) и постоянное (67) запоминающие устройства; генератор 48 тактовой частоты; таймер 49; буферы адреса (59) и данных (60); шины данных (66), управления (61) и адреса (64); интерфейс 62 с шестью каналами, первый из которых через первый аналого-цифровой преобразователь 46 соединен с выходом импульсного датчика 38 крутящего момента; вторым через второй аналого-цифровой преобразователь 47 — с выходом импульсного датчика 18 положения рейки 13 ТНВД; третьим и четвертым — со входами первого (63) и второго (68) цифро-аналоговых преобразователей соответственно; пятым через шину 61 управления — с микропроцессором 52; шестым через шину 66 и буфер 60 данных — с микропроцессором 52, который, в свою очередь, связан с генератором 48 тактовой частоты и таймером 49, а через буфер 59 и шину 64 адреса — с оперативным (65) и постоянным (67) запоминающими устройствами.

Выходы первого (63) и второго (68) цифро-аналоговых преобразователей соединены с первым (50) и вторым (57) регистраторами соответственно.

Каждый из аналого-цифровых преобразователей 46 и 47 включает мультивибратор 41, микросхему 24 типа "И" с двумя входами, резистор 30, дифференцирующую

цепь 37 с диодом 42 на выходе и суммирующий счетчик 45. При этом первые входы обеих микросхем "И" соединены с выходом соответствующих мультивибраторов 41. Но вторые их входы подключены по-разному: второй вход первого аналого-цифрового преобразователя 46 параллельно с входом первой дифференцирующей цепи 37 — к выходу датчика 38 крутящего момента, а такой же вход микросхемы "И" второго аналого-цифрового преобразователя 47 параллельно с входом второй дифференцирующей цепи 37 — к выходу импульсного датчика 18 положения рейки 13 ТНВД. В каждом из аналого-цифровых преобразователей 46 и 47 резистор 30 и счетный вход счетчика 45 параллельно подключены к выходу микросхемы "И", а выход дифференцирующей цепи 37 — к входу установочного нуля счетчика 45.

Импульсный датчик 38 крутящего момента представляет собой два (21 и 44) металлических диска с радиальными прорезями и выступами, установленные на концах коленчатого вала. Вблизи них располагаются импульсные преобразователи 20 и 43. Прорези и выступы каждого из дисков, проходя мимо них, изменяют значения, соответствующие индуктивности. В результате на выходах преобразователей 20 и 43 появляются переменные импульсные сигналы, которые проходят через дифференцирующие цепи 23 и 36, выполненные на резисторах 27, 40 и конденсаторах 22, 39 с диодами 26, 35, триггер 33, состоящий из первого (29) и второго (32) биполярных транзисторов и четырех (28, 25, 31, 34) резисторов.

Базы транзисторов 29 и 32 соединены с выходами дифференцирующих цепей 23 и 36 с диодами 26 и 35.

Импульсный датчик 18 положения рейки 13 ТНВД включает катушку 1 индуктивности; последовательно соединенный с ней конденсатор 19; мультивибратор 7, в состав которого входят два (3 и 12) транзистора; четыре (1, 6, 9 и 10) резистора, два (2 и 11) конденсатора и согласующий усилитель 15, выполненный на транзисторе 16 и резисторе 17, а также логический элемент 8 типа "И-НЕ" с двумя входами.

Выход согласующего усилителя 15 соединен с последовательно подключенными катушкой 14 индуктивности и конденсатором 19, а два входа логического элемента 8 — параллельно с выводами катушки 14 индуктивности.

В исходном состоянии транзистора 32 триггер 33 открыт, а транзистор 20 закрыт. Поэтому напряжение на коллекторе этого транзистора равно нулю. С начала вращения коленчатого вала с диском 21 на выходе преобразователя 20 формируется первый импульс. Он дифференцируется цепью 23, выпрямляется диодом 26. В результате образуется положительный импульс, который подается на базу транзистора 29. Последний открывается, а транзистор 32 закрывается, на его коллекторе практически мгновенно появляется положительное напряжение, которое поступает на один из входов первой микросхемы 24 типа "И". На второй вход микросхемы 30 первого аналого-цифрового преобразователя 46 непрерывно подаются короткие импульсы от первого (41) мультивибратора. При наличии крутящего момента коленчатый вал закручивается на угол, пропорциональный этому моменту. В итоге

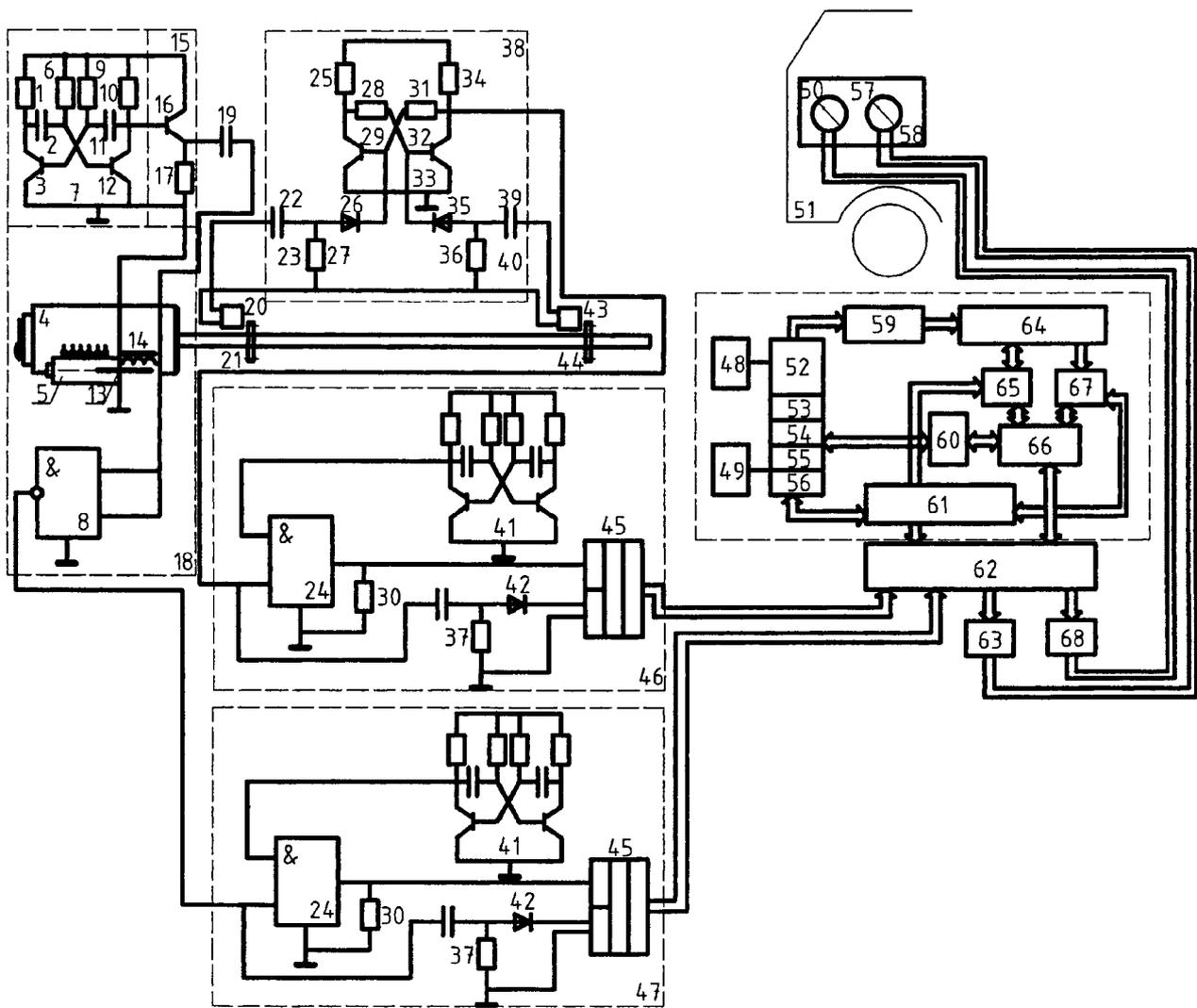


Рис. 2. Схема бортовой микропроцессорной системы диагностирования дизеля:

1, 6, 9, 10, 17, 25, 27, 28, 30, 31, 34 и 40 — резисторы; 2 и 11 — конденсаторы; 3, 12 и 16 — транзисторы; 4 — дизель; 5 — ТНВД; 7 и 41 — мультивибраторы; 8 — логический элемент "И-НЕ"; 13 — рейка ТНВД; 14 — катушка индуктивности; 15 — согласующий усилитель; 18 — импульсный датчик положения рейки ТНВД; 19, 22 и 39 — конденсаторы; 20 и 43 — импульсные преобразователи; 21 и 44 — металлические диски с радиальными прорезями; 23, 36 и 37 — дифференцирующие цепи; 24 — микросхема "И"; 26 и 35 — диоды; 29 и 32 — биполярные транзисторы; 33 — триггер; 38 — импульсный датчик крутящего момента; 42 — диод; 45 — суммирующий счетчик; 46 и 47 — первый и второй аналого-цифровые преобразователи; 48 — генератор тактовой частоты; 49 — таймер; 50 и 57 — первый и второй регистраторы; 51 — кабина; 52 — микропроцессор; 53, 54, 55 и 56 — регистры общего назначения; 58 — панель приборов; 59 — буфер адреса; 60 — буфер данных; 61 — шина управления; 62 — интерфейс с шестью каналами; 63 и 68 — первый и второй цифро-аналоговые преобразователи; 64 — шина адреса; 65 и 67 — оперативное и постоянное запоминающие устройства; 66 — шина данных

диск 44 поворачивается относительно диска 21. В результате на выходе преобразователя 43 формируется второй импульс, имеющий фазовое смещение относительно первого, сформированного преобразователем 20. Сформированный импульс дифференцируется цепью 36, выпрямляется диодом 35, образуя положительный импульс, поступающий на базу транзистора 32, который открывается, а транзистор 29 закрывается. При этом на коллекторе транзистора 32 практически мгновенно устанавливается напряжение, равное нулю.

Таким образом, на выходе триггера формируется прямоугольный импульс, длительность которого пропорциональна величине крутящего момента на коленчатом валу. Он поступает на первый вход первой микросхемы 24. На второй ее вход поступают короткие импульсы с выхода первого мультивибратора 41.

Эти импульсы проходят на выход микросхемы "И" и далее — на счетный вход первого счетчика 45. Причем их число пропорционально длительности импульса, сформированного триггером, а значит, и величине крутящего момента.

С выхода счетчика 45 зафиксированное в нем число считывается в параллельном коде и поступает в буферный регистр интерфейса 62. Обращение к интерфейсу происходит по сигналу от микропроцессора 52, информация о текущем моменте записывается в оперативное запоминающее устройство 65.

Одновременно с работой импульсного датчика 38 крутящего момента и аналого-цифрового преобразователя 46 работают импульсный датчик 18 положения рейки 13 ТНВД и аналого-цифровой преобразователь 47. В результате на выходе мультивибратора 7

формируется периодическая последовательность прямоугольных импульсов, которая через согласующий усилитель 15 поступает на последовательный, имеющий резонансную амплитудно-частотную характеристику контур, состоящий из катушки 14 индуктивности и конденсатора 19 и имеющий резонансную амплитудно-частотную характеристику. Поэтому на его выходе из всего спектра частот поступающего на его вход периодического сигнала выделяется гармоническая составляющая с частотой, равной резонансной частоте контура.

При изменении положения рейки ТНВД, которая перемещается внутри катушки 14 индуктивности, меняется частота выделенной гармонической составляющей, так как меняется индуктивность резонансного контура. Это происходит в соответствии с известной формулой, согласно которой угловая частота колебаний контура определяется как единица, деленная на корень квадратный из произведения индуктивности  $L$  катушки, на емкость  $C$  конденсатора.

Напряжение синусоидальной формы с выхода катушки индуктивности подается на два входа логического элемента 8. На его выходе появляются прямоугольные импульсы, длительность которых и характеризует положение рейки ТНВД.

Эти импульсы поступают на один из входов логического элемента 24 второго (47) аналого-цифрового преобразователя. На второй вход элемента 24 поступают короткие импульсы от мультивибратора аналого-цифрового преобразователя 47. С выхода этого логического элемента сигналы поступают на счетный вход второго счетчика, который фиксирует число данных сигналов и передает их в параллельном коде во второй регистр интерфейса 62. (Обращение к интерфейсу происходит по сигналу, поступающему от микропроцессора 52). В конечном итоге информация о положении

рейки топливного насоса записывается в оперативное запоминающее устройство 65.

По программе, записанной в постоянном запоминающем устройстве 67, микропроцессор обрабатывает информацию о крутящем моменте и положении рейки ТНВД. При этом вычисляются средние значения момента, среднеквадратическое его отклонение, коэффициент его автокорреляционной функции, а также среднее значение и среднеквадратическое отклонение положения рейки ТНВД. Данные о положении последней записываются в первый (53) и второй (54) регистры общего назначения микропроцессора. По полученным статистическим характеристикам крутящего момента определяются нормативные статистические характеристики положения рейки, которые записываются в третий (55) и четвертый (56) регистры общего назначения микропроцессора. Затем значение сигнала, записанного в первый (53) регистр, вычитается из сигнала, записанного в третий (55) регистр. Кроме того, осуществляется вычитание сигнала, записанного во второй (54) регистр из сигнала, записанного в четвертый (56) регистр.

Эти различия в виде кодовых комбинаций двоичных разрядов посредством шины 66 данных, интерфейса 62 и цифро-аналоговых преобразователей 63 и 68 подается на регистраторы 50 и 51. При отсутствии неисправностей показания регистраторов равны нулю, при их наличии — хотя бы на одном регистраторе появляется сигнал, запрещающий эксплуатацию АТС до устранения возникшей неисправности.

Как видим, разработанная в БРУ система диагностирования дизеля позволяет точно и своевременно обнаружить возникшие на нем неисправности. И тем самым сокращается время работы АТС с низкими эксплуатационными показателями, обусловленными неисправностями дизеля.

УДК 629.11.012.814

## КОЛЕБАНИЯ И ВИБРАЦИИ ТРАНСМИССИЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Д-р техн. наук С.Н. ИВАНОВ

НАМИ

*Изложены методы и результаты исследований колебаний и вибраций трансмиссий отдельных автомобилей.*

*Ключевые слова: частота, колебания, вибрации, трансмиссия, исследования.*

Ivanov S.N.

OSCILLATIONS AND VIBRATIONS FOR INDIVIDUAL VEHICLES

*Methods and research results of transmission oscillations and vibrations for individual vehicles.*

*Keywords: frequency, vibrations, oscillations, transmission, researches.*

Повышение технического уровня современных автомобилей неразрывно связано с проблемами уменьшения в трансмиссиях ощущаемых субъективно колебаний и вибраций.

Специалисты НАМИ на протяжении многих лет проводят исследования динамических процессов, происходящих в трансмиссиях при движении АТС. Накоплен большой опыт как в области теории, так и на практике по выявлению, устранению и предотвраще-

нию возможности возникновения резонансных явлений в рабочих режимах трансмиссий.

Теоретически было установлено, что трансмиссии в большинстве случаев следует рассматривать как колебательные системы с сосредоточенными массами, соединенными упругими связями и воспринимающими действие возмущающих сил.

Трансмиссии принадлежат к классу многомассовых нелинейных диссипативных колебательных систем и характеризуются моментами инерции сосредоточенных масс и жесткостями на кручение упругих связей, определяющими спектр частот свободных крутильных колебаний систем. Отдельные агрегаты трансмиссии могут рассматриваться парциальными колебательными системами сложной многомассовой колебательной системы, а их расчетные модели в отдельных случаях — колебательными системами с распределенной массой.

Динамические процессы возникают в трансмиссиях от действия крутящего момента двигателя, инерционных воздействий вследствие неуравновешенных сил инерции двигателя, дисбаланса вращающихся масс, а также от параметрических возмущений, обусловленных структурой кинематики карданных шарниров,