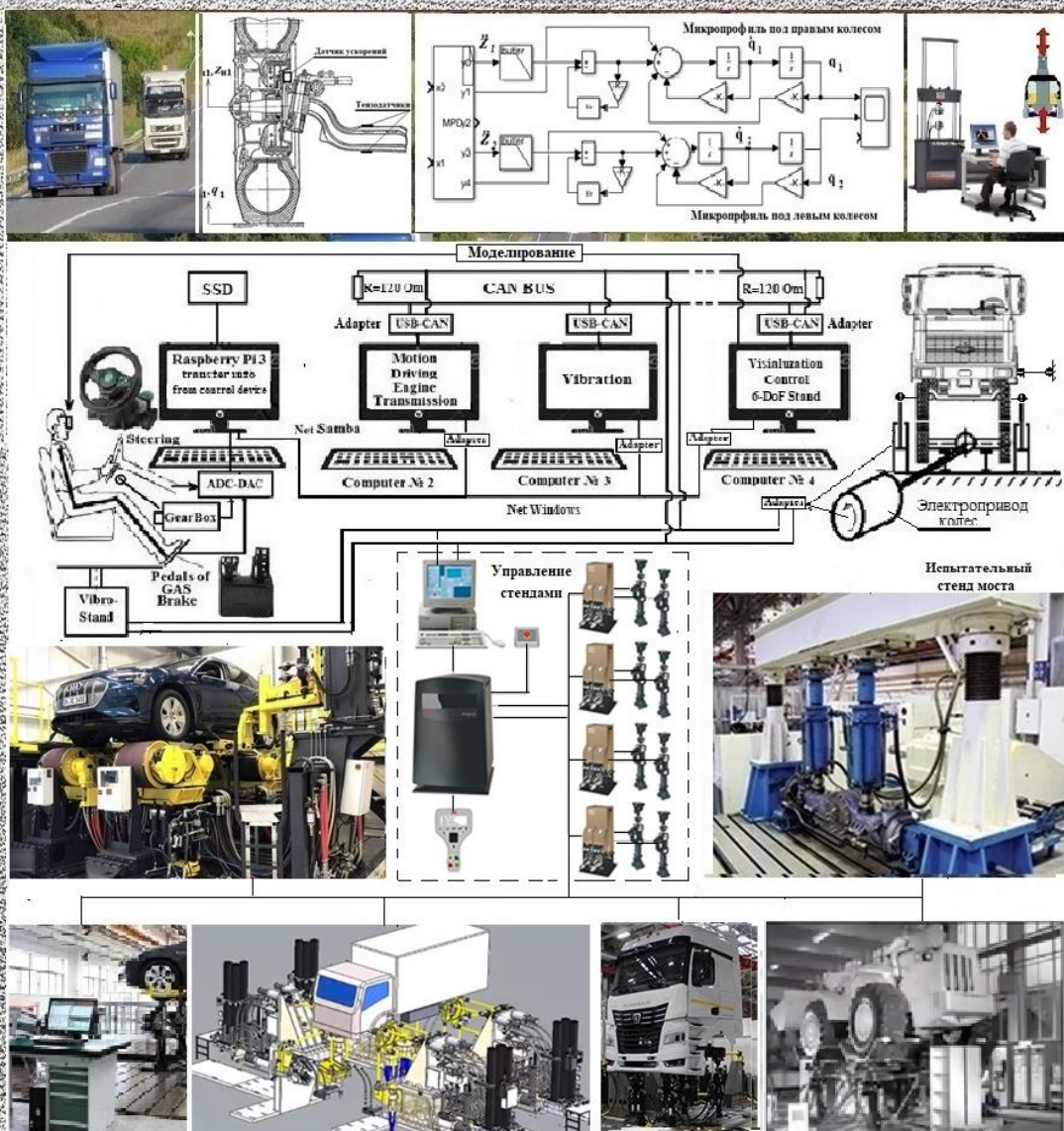


**В.Г. Михайлов**

# ПОЛУНАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

## КОЛЕСНЫХ МАШИН





В. Г. МИХАЙЛОВ

---

**ПОЛУНАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ  
КОЛЕСНЫХ МАШИН**

Минск 2026

УДК 629.33.028(075.8)  
ББК 39.33-01я7+32.973

Автор: В.Г. Михайлов

Рецензенты:

Зав. кафедрой “Тракторы” БНТУ, докт. техн. наук, проф. В.П. Бойков;  
д.т.н., проф. кафедры “Тракторы и автомобили” БГАТУ, Ю.Д. Карпиевич

Рассматриваются вопросы полунатурных испытаний колесных машин (КМ) в стендовых условиях на основе компьютерного моделирования в режиме реального времени с симулятором со смешанной реальностью с воспроизведением реального и форсированного воздействия на конструкцию на стендах MTS для сокращения сроков ее доводки и оценки параметров, долговечности узлов и машины в целом.

Предназначена для специалистов проектных, испытательных служб предприятий, НИИ, научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, которые занимаются проектированием, моделированием и испытаниями динамических систем колесных машин, роботов. Может быть полезна специалистам других областей, а также в качестве учебного пособия.



**Михайлов Владимир Георгиевич**, канд. техн. наук  
05.05.03, РБ, г. Минск, e-mail sapr7@mail.ru.

Специалист в области автомобилестроения, испытаний подвесок, рам, пневматики, гидравлики, тензометрирования, разработки систем CALS/PLM (PDM, ERP) на Oracle, программ на C/C++, Java, мини-компьютеров (Arduino/Raspberry), микроконтроллеров, моделирования динамических систем в пакете Matlab/Simulink в режиме реального времени с использованием модуля S-Function Builder, смешанной реальности, симуляторов, оценки напряженно-деформированного состояния в пакете ANSYS.

© Михайлов В.Г., 2026  
ORCID.ORG / 0009-0008-4767-7293

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

**ADAPTIVE INVERSE CONTROL (AIC)** – адаптивное инверсионное управление, исправляет пики и средний уровень в циклических формах волны.

**CAN BUS** – сеть для обмена информацией по двум проводам.

**CONTROLLER** – программно-технические устройства, управляющие работой стандов.

**DUCs** – цифровые универсальные устройства преобразования переменного и постоянного тока.

**GPS** – система спутниковой навигации.

**HARDWARE/ПО** – программное обеспечение – комплекс программных и технических средств.

**LVDT (Linear Variable Differential Transformer)** – дифференциальный датчик для измерения линейных перемещений.

**MATLAB/SIMULINK, SIMCENTER AMESIM, MSC.ADAMS** – программные средства для моделирования динамических систем транспортных средств и других изделий.

**SINEWAVE** – развертка синуса, используется в высокочастотных системах MAST при испытаниях дорожного воздействия на транспортное средство.

**S-FUNCTION BUILDER** – модуль, обеспечивающий возможность создания пользовательской программы на языке C, связанной с процессом моделирования в MatLab/Simulink.

**RASPBERR Pi 3/4/400** – 4-ядерный одноплатный мини-компьютер на основе 32-ти битной операционной системы Rasbian (Linux).

**TEDS** – преобразователь электронной таблицы данных.

**VR/AR/MR** – виртуальная/дополненная/смешанная реальность – компьютерная технология создания искусственного цифрового мира, максимально похожего на реальный. Виртуальная реальность создаёт своё окружение, не взаимодействуя с внешним миром. Дополненная реальность накладывает вспомогательные объекты на наше окружение. Смешанная реальность встраивает виртуальные объекты в окружение и подстраивает их.

**КМ** – Колесные машины.

**КЭМ** – конечно-элементная модель, используемая в пакетах инженерного анализа для проведения расчетов напряженно-деформированного состояния.

**НДС** – напряженно-деформированное состояние.

**ПС** – программное средство – программа для компьютера.

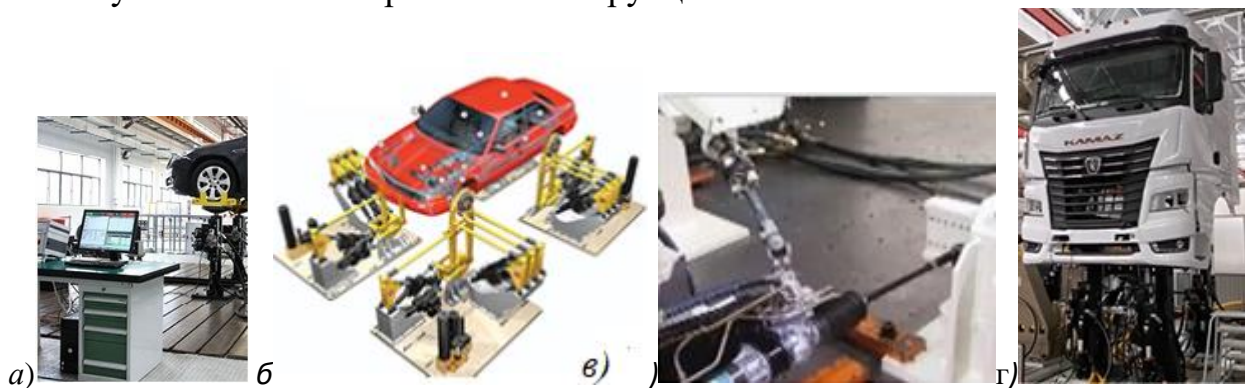
**ТС** – транспортное средство.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>ГЛАВА 1 ОСНОВЫ ПОЛУНАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ</b> //.....	7
1.1 Работы, предшествующие испытаниям.....	7
1.2. Базис полунатурных испытаний.....	8
1.3 Выбор пакетов для моделирования .....	13
1.4. Осуществление полунатурных испытаний.....	23
1.5 О выборе стендов.....	25
Заключение по главе 1.....	25
<b>ГЛАВА 2 ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ</b> .....	26
2.1 Вибрационные испытания всего автомобиля.....	26
2.2 Вибрационные испытания кабины.....	29
2.3 Испытания сиденья.....	31
<b>ГЛАВА 3 КЛАССИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ПОДСИСТЕМ И УЗЛОВ</b> .....	34
3.1 Испытания кабины на удар.....	34
3.2 Испытания рамы/кузова.....	34
3.4 Испытания осей, картеров мостов.....	37
3.5 Испытания трансмиссии.....	40
3.7 Испытания подвески.....	42
3.8 Испытания рулевого управления.....	45
<b>ГЛАВА 4 НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ</b> ... ..	47
4.1 Применение микропроцессорных и мини-компьютерных систем.....	47
4.2 Получение макропрофиля дороги с помощью GPS.....	48
4.3 Оборудование для проведения испытаний.....	56
4.4 Конструкция исполнительных устройств.....	62
<b>ГЛАВА 5 СРЕДСТВА И ПОДХОДЫ MTS ПО ИСПЫТАНИЯМ КМ</b> ....	68
5.1 Контроллеры MTS серии 793.....	69
5.2 Удаление нагрузок с низким уровнем нагружений.....	122
5.3 Комбинированное осуществление полунатурных испытаний.....	129
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	131
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	133
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	137

## ВВЕДЕНИЕ

Создание конструкций колесных машин (КМ) невозможно без проведения дорожных и стендовых испытаний. Сейчас в дополнении и развитие их за рубежом начали интенсивно использоваться полунатурные испытания. Они представляют собой имитирование в стендовых условиях на гидропульсаторах или электроактуаторах реальных эксплуатационных нагрузок и блоков нагружений при ресурсных испытаниях на узлы или всю машину [1–7] на основе сложного компьютерного моделирования КМ/автомобиля либо данных дорожного эксперимента, перенося на них основную тяжесть по отработке конструкции.



**Рисунок В.1. – Моделирование и испытания автомобилей за рубежом (а, б, в) и на КАМАЗе (г)**

Они могут осуществляться как на основе экспериментальных данных, так и полученных при моделировании [4, 9, 10]. На этапе разработки нового автомобиля, как правило, используются данные полученные при имитационном моделировании с симулятором, воспроизводящим дорожную обстановку и вибрационное, звуковое воздействие на водителя. Это позволяет учесть реакцию на нее водителя, существенно влияющие на режимы движения и нагруженность автомобиля [2, 3, 5]. Полученные данные могут использоваться при проведении таких испытаний. Такое комбинирование моделирования с испытаниями позволяет определить нагруженность узлов и автомобиля в целом, проверить их функционирование, проработать большое количество вариантов конструкции для различных дорожных ситуаций, выявить слабые места, перейти к ресурсным испытаниям и значительно сократить сроки испытаний. Это позволяет отработать эргономику, более тщательно исследовать автомобиль и с наименьшими затратами провести доработку его конструкции. значительно сократить время создания новых моделей машин, не подвергая риску водителей и испытателей. Итогом таких испытаний является проверка функционирования и оценка долговечности узлов и машины в целом. Они требуют применения специальных стендов и

компьютерного оборудования со специальным программным обеспечением, созданное под определенные задачи. Для полунатурных испытаний используется в основном имитационное моделирование движения, колебаний и управляемости КМ/автомобиля в режиме реального времени. Подобные системы [1, 2, 4] в основном создаются самими автопроизводителями на базе IT, инженерных и расчетных пакетов с подключением специализированных фирм и являются их know how.

К сожалению, в СНГ подобных систем такого уровня пока нет, как и рассмотрения вопросов по ним. На заводах в СНГ преобладают упрощенные стенды различных узлов, простые испытания, не позволяющие использовать нагружение, получаемое обычно при моделировании в MSC.ADAMS, у которого нет компонентов передачи управляющих сигналов на стенды.

Требуемые стенды для испытаний производятся в США [1], ФРГ, Ю. Кореи и в Китае. Для них необходимо создание специального программного обеспечения с использованием C/C++, Simulink, UnrealEngine, 3D и др. пакетов. Специалистов, обладающих таким комплексом знаний по ним мало т.к. необходимо одновременно обладать знаниями в области автомобиля, мехатроники и информационных технологий. Подготовка специалистов по ним в технических ВУЗах не ведется. Да и за 5 лет подготовить такого уровня специалистов невозможно. В следствии этого мы имеем такую ситуацию. Хотя, в последнее время на заводах СНГ наметились некоторые сдвиги в этом направлении: вибрационные испытания ГАЗом автомобиля, КАМАЗом кабины [10, 11] (рисунок 1 г., трансмиссии [11], ресурсные испытания мостов (рисунки 1.2, 3.9), исследования рулевого управления), испытания автомобилей в НАМИ [9]. Но в основном испытания пока осуществляются на простых подходах и решениях. На крупных автозаводах имеются гидропульсаторы, позволяющие уже сейчас реализовывать значительную часть таких испытаний. Но они еще не в полной мере используются: из-за несовершенства моделей, подходов, не интегрировано моделирование с такими стендами и испытаниями, нет высококвалифицированных инициативных кадров на заводах. Необходимо изменить систему обучения, сделать ее специализированной. Готовить специалистов необходимо с 10–12 лет в кружках IT, робототехники, включая школу (8 лет обучения), затем требуется 7-ми летнее комбинированное обучение (техникум (4 года)+ВУЗ (3 года)), т.к. нынешняя система обучения в ВУЗе (5 лет) не отвечает потребностям времени. И на каждом этапе отсеивать неспособных. Для уровня заводского мастера вполне достаточно техникума. Это вытекает из опыта применения болонской системы (4 года) в РБ и РФ.

**Целью работы** является рассмотрение вопросов таких испытаний.

## ГЛАВА 1 ОСНОВЫ ПОЛУНАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

### 1.1 Работы, предшествующие испытаниям

**1.1.1** До проведения полунатурных испытаний в процессе проектирования новой техники должны быть выполнены следующие работы:

- определены условия эксплуатации разрабатываемых машин;
- проведены предварительные расчеты параметров будущей машины, ее узлов, которые можно частично выполнить в MSC.ADAMS, Simcenter и др. пакетах;
- проведено моделирование движения, колебаний и управляемости проектируемого автомобиля на основе предварительных его параметров по ТЗ;
- осуществлено его проектирование с использованием 3D пакетов и инженерного анализа для оценки его динамики, прочности, уточнены его основные параметры: компоновочные, весовые, тяговой динамики и др.;
- на основе их проведены повторные моделирования движения, колебаний и управляемости проектируемого автомобиля;
- в случае использования узлов от предшествующих моделей проведены их стендовые испытания под новые условия нагрузок, определенные по результатам моделирования;
- по результатам таких моделирования и испытаний внесены необходимые изменения в конструкцию.

**1.1.2** После изготовления опытного образца проведены определения действительных его параметров, оценены его эксплуатационные свойства.

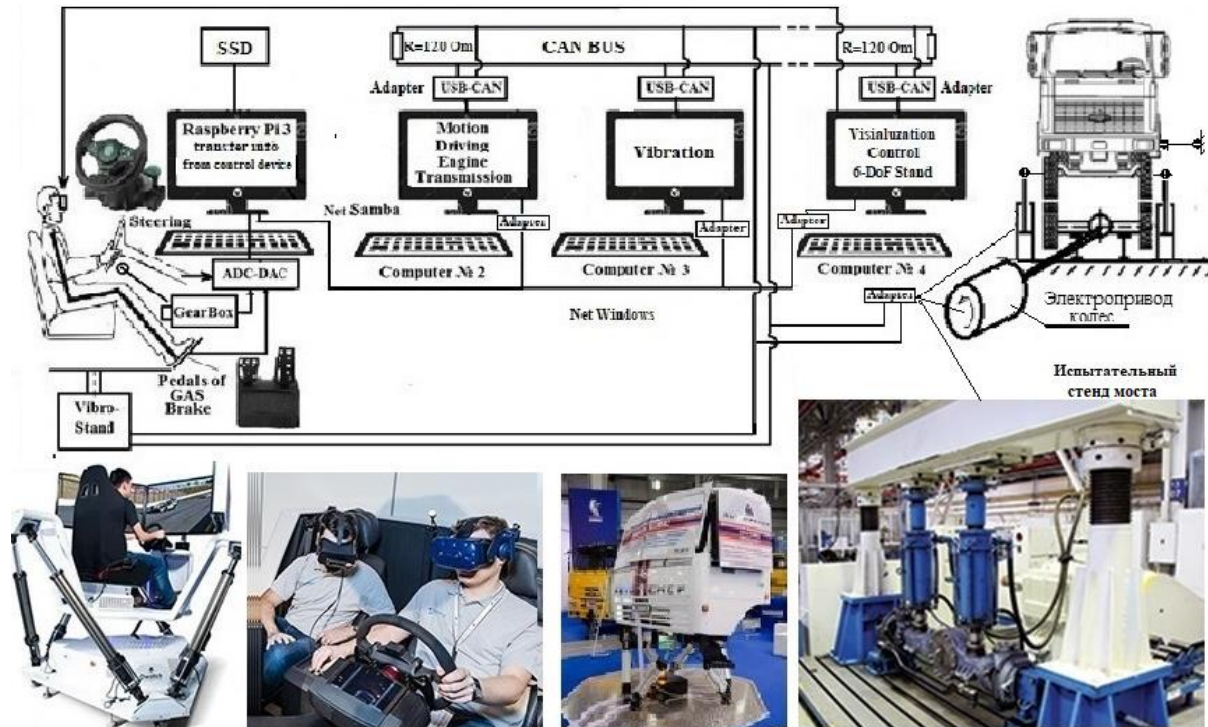
Параллельно должны быть начаты его полунатурные испытания по определению его функциональных свойств, прочности и долговечности.

Эти работы должны проводиться в тесном взаимодействии проектных и испытательных служб, начиная с задания его параметров на стадии ТЗ.

Намечен план испытаний, охватывающий основные подсистемы и узлы (рисунок 1.1). Его реализацию необходимо начинать с моделирования, являющегося ключевым звеном полунатурных испытаний. Вторым вопросом является на каких пакетах это делать, какие стенды использовать, какими средствами управлять стендами, как это реализовать и какие подходы использовать. Эти вопросы требуют рассмотрения.



они предпочитают учиться на юристов, врачей, менеджеров, а не по техническим специальностям. И такая же картина у нас.



**Рисунок 1.2. – Предлагаемая схема моделирования и испытаний КМ/автомобиля со смешанной реальностью с симулятором в сочетании с испытательными стендами**

**1.2.1** Для проведения полунатурных испытаний в сочетании с моделированием автомобиля в режиме реального времени необходимо наличие специальных стендов, позволяющих воспроизводить возмущение, замеренное экспериментальным путем либо полученное при имитационном моделировании [1, 2, 4]. Ключевым моментом, основой для таких испытаний является воздействие дороги, которое формируется:

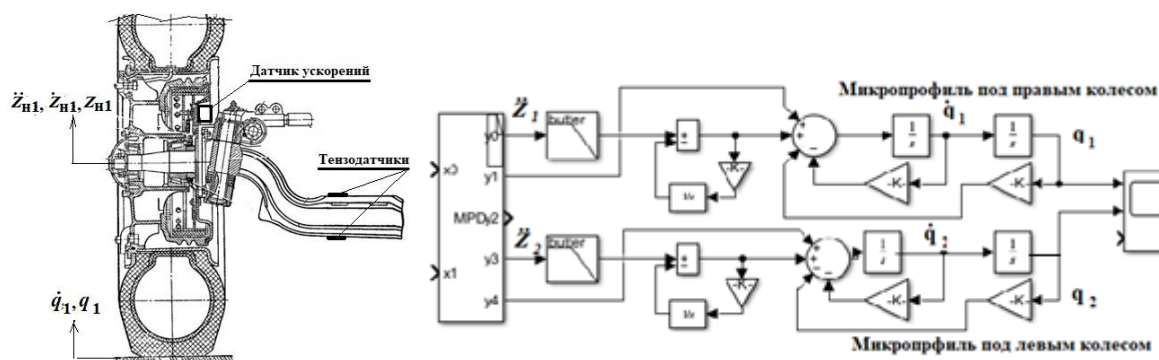
- продольным/макропрофилем с учетом обстановки на ней;
- микропрофилем;
- шероховатостью дорожного полотна.

Получить макро и микропрофиль дороги, включая ее шероховатость, необходимые для моделирования, испытаний, можно путем тензометрирования усилий и ускорений на балке моста. Данный метод был опробован автором еще в 1983 г. на МАЗе (рисунок 1.3) с осуществлением обработки данных на аналоговой машине. Сейчас это можно реализовать в Simulink с использованием модуля S-Function Builder.

Микропрофиль дороги определяется следующим дифференциальным уравнением,

$$\dot{q}_1 = \frac{1}{k_{ш}} (m_n \ddot{Z}_n - C_{ш} \cdot \dot{q}_1 + C_{ш} \cdot q_n - k_{ш} \dot{Z}_{n1}),$$

где  $m_n$ ,  $\ddot{Z}_n$ ,  $\dot{Z}_{n1}$ ,  $Z_n$  – соответственно вертикальные ускорения, скорость, перемещение неподрессоренной массы балки моста,  $q_1$ ,  $\dot{q}_1$ ,  $q_1$  – соответственно вертикальные ускорения, скорость, высота профиля дороги под шиной.



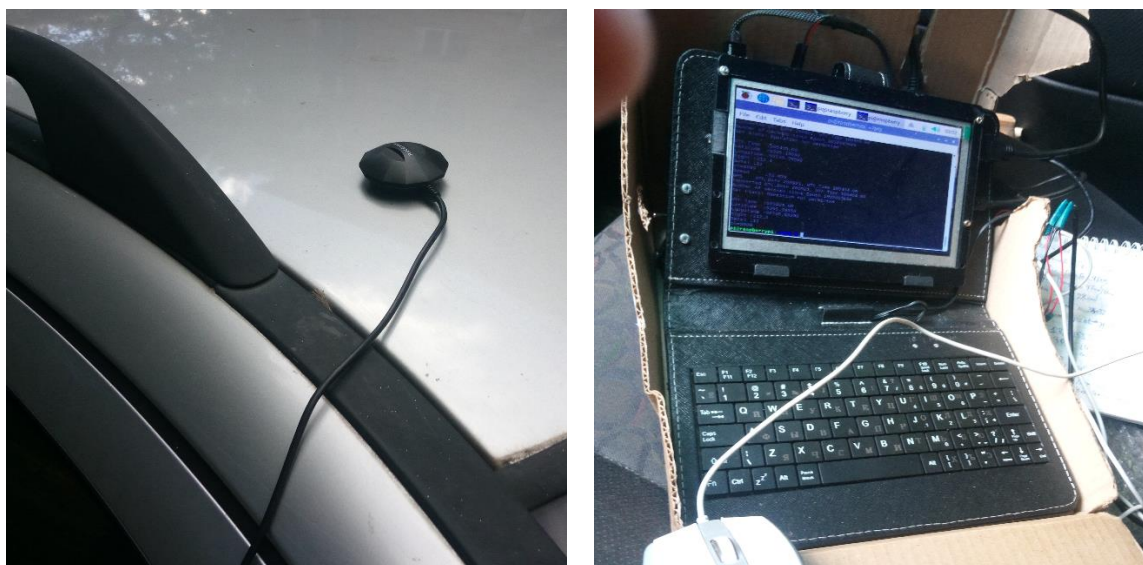
**Рисунок 1.3. – Регистрация профилей и шероховатости дорог путем тензометрирования усилий и ускорений на балке переднего моста и их обработка**

Блок-схема получения микропрофиля дороги в Simulink приведена на рисунке 1.3, справа. В зависимости от параметров экспоненциального сглаживания интеграторов может быть получен либо совмещенный макро и микропрофиль дороги или только один микропрофиль. Можно также наложить микропрофиль на макропрофиль, полученный с помощью GPS [9]. Если наклеить тензодатчики в продольной плоскости, можно еще получить зависимость сопротивления качения от микропрофиля дороги и ее шероховатости.

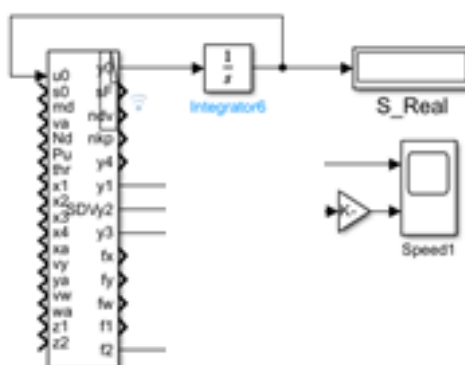
На основе совместного массива макро и микропрофиля дороги можно с помощью пакета Simulink моделировать движение, колебания, управляемость автомобиля и его узлов в реальном режиме времени численными методами и получать более корректные данные для испытаний автомобиля с погрешностью не более 5–15% против 100–200% при передаточных функциях в MSC.ADAMS [6, 7, 18]. На основе Simulink можно проводить полунатурные, вибрационные (см. п.1.2) и ресурсные испытания всего автомобиля. Также можно отрабатывать эргономику в кабине путем моделирования автомобиля со смешанной реальностью [2, 9].

В случае наличия опытного образца автомобиля можно провести его лабораторно-дорожные испытания по определению его режима движения в условиях реальной эксплуатации, записав с помощью датчика GPS скорость его движения, высоту макропрофиля дороги (рисунок 1.4) [9]. Затем используя блок-схему на рисунке 1.5, проинтегрировав скорость получить перемещение

автомобиля. Этот массив можно использовать для определения высот микронеровности, соответствующий вибрационному воздействию на оси автомобиля.



**Рисунок 1.4. – Регистрация макропрофиля дороги с помощью датчика GPS и миникомпьютера Raspberry на основе разработанной программы на C/C++**



**Рисунок 1.5 – Блок-схема получению высот макропрофиля в Simulink**

Далее на основе разработанной в C/C++ программы реализации получения задержки на оси в S-Function Builder, можно получить значения высот микронеровности под каждым колесом. Фрагмент ее [9] приведен ниже

```
// определяем значение пути для точки X1
x = s0[0]-(11898*nb1); //расчетное положение на трассе для массива
высот при подкачке инфо
x1 = s0[0]; // физическое положение автомобиля на трассе
if (x<0.0)
x=0.0;
```

```

xc=x;
n=u=x/ts;
t=u-n;
t2=t*t;
t3=t*t*t;
//*f1=n;

// Микропрофиль правая колея переднее колесо
P0=rd[n-1];
P1=rd[n];
P2=rd[n+1];
P3=rd[n+2];

*y1 =mp= 0.5* ((2*P1) +(-P0 + P2) * t +(2*P0 - 5*P1 + 4*P2 - P3) *t2 +(-P0
+ 3*P1- 3*P2 + P3) *t3);
//-----
if (x>=5.80)
{
x_2=x-4.2;
n=x_2/ts;
n=u=x_2/ts;
t=u-n;
//t=fabs(u- n);
t2=t*t;
t3=t*t*t;

// Микропрофиль правая колея с задержкой база 4.2
P0=rd[n-1];
P1=rd[n];
P2=rd[n+1];
P3=rd[n+2];

*y2 = 0.5*((2*P1) +(-P0 + P2) * t +(2*P0 - 5*P1 + 4*P2 - P3) *t2 +(-P0 +
3*P1- 3*P2 + P3) *t3);
// Микропрофиль правая колея с задержкой база 5.6
x_3= x - 5.6;
n=u=x_3/ts;
t=u-n;
//t=fabs(u- n);
t2=t*t;
t3=t*t*t;
P0=rd[n-1];
P1=rd[n];
P2=rd[n+1];

```

$P3=rd[n+2];$

$*y3 = 0.5*((2*P1) +(-P0 + P2) * t +(2*P0 - 5*P1 + 4*P2 - P3) *t2 +(-P0 + 3*P1- 3*P2 + P3) *t3);$   
 }

Полученные значения должны быть записаны в виде бинарного файла для использования в качестве возмущения на автомобиль либо в виде файлов Left1.mat для Simulink при осуществлении полунатурных испытаний.

### 1.3 Выбор пакетов для моделирования

При создании конструкции автомобиля сейчас широко используются инженерные пакеты, позволяющие решать на основе моделирования основные задачи движения, колебаний и управляемости колесных машин (КМ). Наиболее чаще применяются Matlab/Simulink [9] и усиленно рекламируемый и внедряемый в последнее время в ВУЗах Simcenter Amesim [13–16], которые позволяют помимо указанных решать и другие задачи моделирования разнообразных систем техники и их элементов. Пакеты отличаются по подходам, описанным ниже. По ним нет сравнения и оценки.

MSC.ADAMS не рассматривался ввиду отсутствия у него компонентов связи с испытательным оборудованием и возможности моделирования автомобиля на больших массивах дорог численными методами либо большой погрешности при использовании передаточных функций [9, 18]. Он может использоваться только для моделирования переезда препятствий [6, 18].

**Целью** данного подраздела является рассмотрение подходов моделирования движения, колебаний и управляемости автомобиля в этих пакетах и получаемых в них результатов.

#### 1.3.1 Требования, предъявляемые к пакетам

Основными требованиями предъявляемые к пакетам являются:

- обеспечение получаемых данных, соответствующих реальным;
- возможности использования их данных при проведении расчетов и испытаний колесных машин (КМ);
- удобство их использования;
- возможность обеспечения моделирования в режиме “реального” времени и передачи информации на стенды для воспроизведения реальных нагрузок.

Корректность моделирования определяется:

– корректностью использованных моделей, их элементов и их количеств;

– возможностью задания внешнего возмущения, соответствующего реальным условиям эксплуатации.

Ключевым моментом является более корректное описание основных элементов, к которым относятся:

- упругий элемент;
- демпфирующий элемент;
- трение.

Эти составляющие определяют силовое воздействие на массу, ее динамику и движение. Также необходимо учитывать амплитуду и частоту воздействия. В условиях движения КМ на реальных дорогах уровень вибрационного воздействия колеблется обычно в пределах  $1-2 \text{ м/с}^2$ . Величина перемещений связана с ускорениями зависимостью  $Z = \ddot{Z} / (2 \times \pi \times f)$ .

Амплитуда перемещений на низких частотах ( $1,5-2 \text{ Гц}$ ) при  $\ddot{Z} = 2 \text{ м/с}^2$  большая ( $Z=22 \text{ мм}$ ), а на высоких ( $10 \text{ Гц}$ ) малая ( $0,5 \text{ мм}$ ). И это необходимо учитывать при моделировании т.к. значительно влияет на колебания и виброзащитные свойства. Важную роль играет модель трения. Трение блокирует упругий элемент, приводит к колебаниям массы на податливостях рычагов и втулок этого элемента и образованию второго резонансного горба в амплитудно-частотной характеристике (АЧХ).

Рассмотрим на примере одномассовой модели поддрессоривания сиденья, по которой имеются экспериментальные данные (рисунок. 1.6.), оцениваемые по  $K_{\Pi} = Z_{\text{сид}} / Z_{\text{осн}}$  [9], как это реализуется в пакетах.

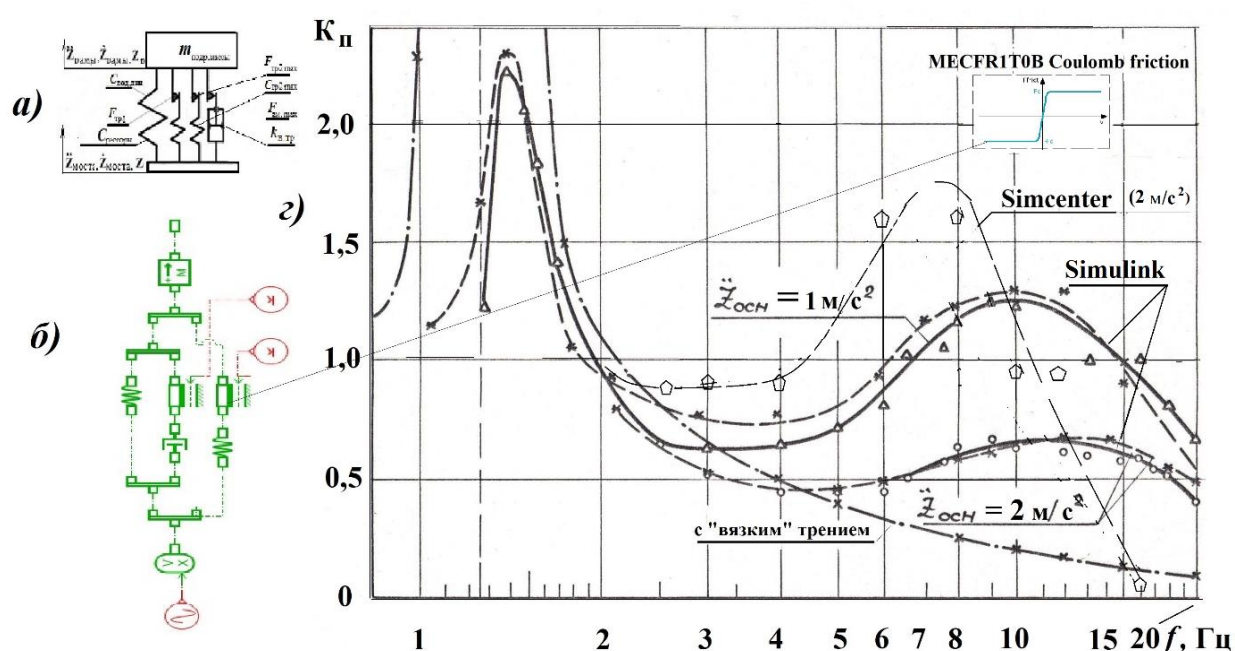


Рисунок 1.6. – Колебательные модели в Simulink (а), Simcenter (в), их АЧХ (г)

### 1.3.2 Реализация колебательной модели в Simulink

Особенностью моделирования в Simulink является необходимость описания колебательной модели дифференциальными уравнениями, создания на их основе блок-схемы реализации ее стандартными компонентами [9]. Представленная на рисунке 1.6а для сравнения колебательная одномассовая модель, предложенная и используемая автором в Simulink, включает:

- упругий элемент, описываемый зависимостью  $F_p = f(\Delta l)$ ;
- демпфирующий элемент в виде зависимости  $F_{\text{амор}} = f(\dot{\Delta})$ ;
- модель трения в виде параллельного включения двух упругих элементов с ограничениями их максимальных значений, реализуемых на основе интеграторов с входным возмущением по относительной скорости.

Эта модель трения позволяет реализовать переменную жесткость на разных амплитудах воздействия. Она создана на основе, предложенной в работе [8] модели трения листовой рессоры для АВМ, но не описанной тогда математически. Она описана автором в его кандидатской диссертации в 1982 г. и в работе [9]. Как видно из рисунка 1.6, данная модель в Simulink, наиболее корректно описывает амплитудно-частотную характеристику и виброзащитные свойства колебательной системы (погрешность 5–10%).

Судя по характеру изменения динамической характеристики в видео [2] сейчас эту модель использует Мерседес-Бенц. В СНГ эту модель не применяют, предпочитают использовать в пакетах MSC.ADAMS, Simcenter модель “вязкого” трения, дающую большую погрешность на частотах  $> 3$  Гц. Причиной применения последней является ее простота в виде зависимости  $F_{\text{трени}} = f(\dot{\Delta})$  с ограничением усилий трения при скорости 0,05 м/с. Она впервые была применена в 1960 гг. в работе [12] при моделировании колебаний седельного автопоезда дифференциальными уравнениями при переезде препятствий ( $h=10$  см) и движении по булыжному шоссе, заданному 400 точками с шагом 0,5 м. Показала приемлемую погрешность (10–15%) по общей полосе 0–22,4 Гц. Однако в дальнейшем выяснено, что она не обеспечивает совпадение по спектру и октавным полосам частот [9].

### 1.3.3 Реализация простейшей колебательной модели в Simcenter

В Simcenter [13–17] применяется подход использование готовых компонентов колебательной системы без их математического описания путем перетаскивания визуальных упругих, демпфирующих элементов на рабочее окно пакета с заданием их параметров и их соединением. Стандартных моделей трения в Simcenter для колебаний автомобиля нет. Модель трения в нем может быть реализована путем последовательного

включения упругого элемента с ограничителем максимальной величины Mecfriction (см. статью в Help Simcenter) по аналогии с моделью листовой рессоры \Amesim\demo\Solutions\Automotive\Chassis\MultiLeafSpring.ame. Но без константы она не работает, добавление которой подсказал Поварехо А.С., БНТУ, Минск [14]. Фактически имеем последовательное включение упругого элемента с моделью “вязкого” трения, приводящей к смещению второго резонансного пика влево.

Как видно из АЧХ (рисунок 1.6) имеет место значительное расхождение (до нескольких раз) с экспериментальными данными, начиная с 3 Гц. Такой характер наблюдается и с использованием модели “вязкого” трения, что объясняет расхождение с экспериментом на реальных дорогах и делает их менее пригодными для моделирования, где требуются точность.

### 1.3.4 Реализация моделирования автомобиля в Simulink

В Simulink возможно два подхода:

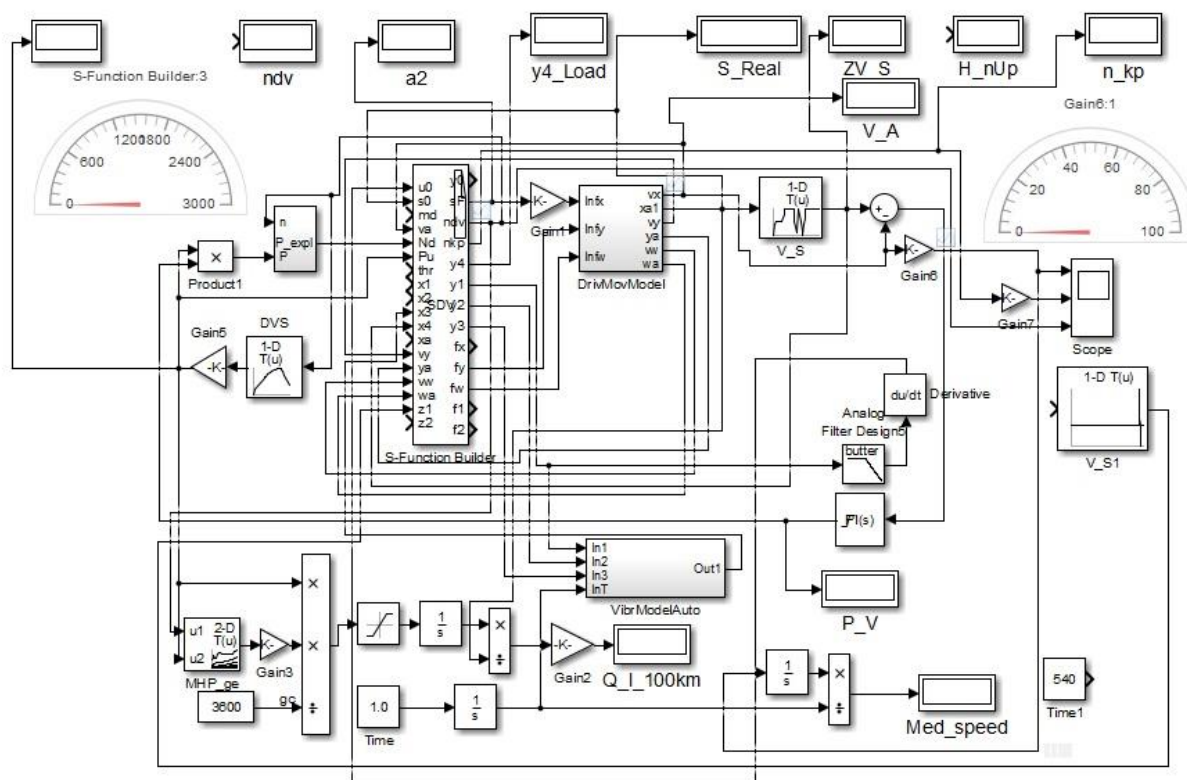
- первый на основе стандартных блоков автомобиля (его основных подсистем, как и в Simcenter) путем переноса на рабочее окно, задание их параметров и осуществление моделирования. В данном варианте обычно осуществляется моделирование движения по дороге. Данный вариант не позволяет учесть все особенности подсистем автомобиля и менее корректен;
- второй путем математического описания дифференциальными уравнениями движения, колебаний и управляемости автомобиля и набором из стандартных блоков (интеграторов, усилителей, одно и многопараметрических таблиц для характеристик), созданием блок-схемы, связывание их единую модель автомобиля (рисунок 1.7).

Особенностью предлагаемой реализации является разделение вычислений между стандартными блоками (интеграторов, усилителей, таблиц, элементов Simulink) и модулем S-Function Builder, где описывается и реализуются управление процессами движения, колебаний и управляемости автомобиля [9] через программу на языке C/C++. Использование модуля S-Function Builder требует установки компилятора MS Visual Studio 2022.

Модуль S-Function Builder за счет создаваемой программы C/C++ позволяет реализовать совместное моделирование движения, колебаний и управляемости автомобиля, логики переключения передач, что является новым и наиболее эффективным для решения такого класса задач [9].

Такой подход позволяет задать профиль дороги 96000 точками с шагом 0,125 м, заносимый в оперативную память, дорожные ограничения, решать задачи в реальном масштабе времени, реализовать логику управления, переключения КПП, вести моделирование автомобиля с переменной

скоростью на основе дорожных условий, вибрационного воздействия на водителя и оценивать тягово-скоростные свойства автомобиля [9].



**Рисунок 1.7. – Блок схема реализации плоской модели автомобиля в Simulink на одном компьютере**

При моделировании движения учитываются частичные характеристики двигателя, динамические процессы в нем и трансмиссии. Управление процессом осуществляется за счет получаемой разности заданного сигнала по пути и сигнала по скорости, который подается на блок PID-регулятора  $PI(s)$  и множительный блок Product1. В зависимости от числа оборотов двигателя, рассчитываемых исходя из текущей скорости автомобиля, передаточных чисел КПП, главной передачи, размера колес, определяется крутящий момент и усилия на колесах. В модуле P\_expl учитываются потери мощности на вентилятор, генератор, глушитель. Расход топлива рассчитывается с помощью частичных топливных характеристик двигателя и степени его загрузки. Использование таких решений позволяет более точно оценивать параметры автомобиля в условиях реального движения (погрешность 5–15%) и управлять работой испытательных стендов и симулятором. Задав массив перестроения движения в поперечной плоскости можно моделировать управляемость автомобиля с погрешностью 5–10% [9].

Получаемые в результате моделирования нагрузки позволяют определить напряжения в узлах через КЭМ модель, выполнить далее расчет долговечности по усталостным характеристикам материалов и систематизации данных напряжений методом “дождя” [9]. Все это свидетельствует, что у Simulink больше возможностей для реализации, чем у Simcenter. Осуществить подобное в последнем и MSC.ADAMS невозможно.

### **1.3.5 Реализация моделирования автомобиля в Simcenter**

**1.3.5.1** В рекламе Simcenter в сочетании с другими модулями и пакетами Siemens заявляются его большие возможности по моделированию автомобиля:

- прочностной анализ - программный комплекс позволяет решать задачи статической прочности, определять частоты и формы колебаний конструкции, проводить проверку конструкции на устойчивость.

- динамический анализ - предоставляет полный спектр решений структурной динамики, включая нагрузки, зависящие от времени, частотные нагрузки, случайное и ударное воздействие.

- анализ долговечности - предоставляет набор аналитических инструментов для прогнозирования срока службы конструкций и оценки их сопротивления усталости.

- кинематика - вычисляет силы реакции, крутящие моменты, скорости, ускорения и многое другое.

На рисунке 1.8 представлена схема реализация в Simcenter моделирования автомобиля при переезде препятствий



**Рисунок 1.8. – Схема реализация в Simcenter моделирования автомобиля при переезде препятствий**

Но все это реализовано упрощенно на линейных моделях и заданием дорожного воздействия в модуле microprofile.

Simcenter предлагает в папке demo типовые блок-схемы моделирования движения, колебаний и управляемости автомобиля (рисунок 1.9).

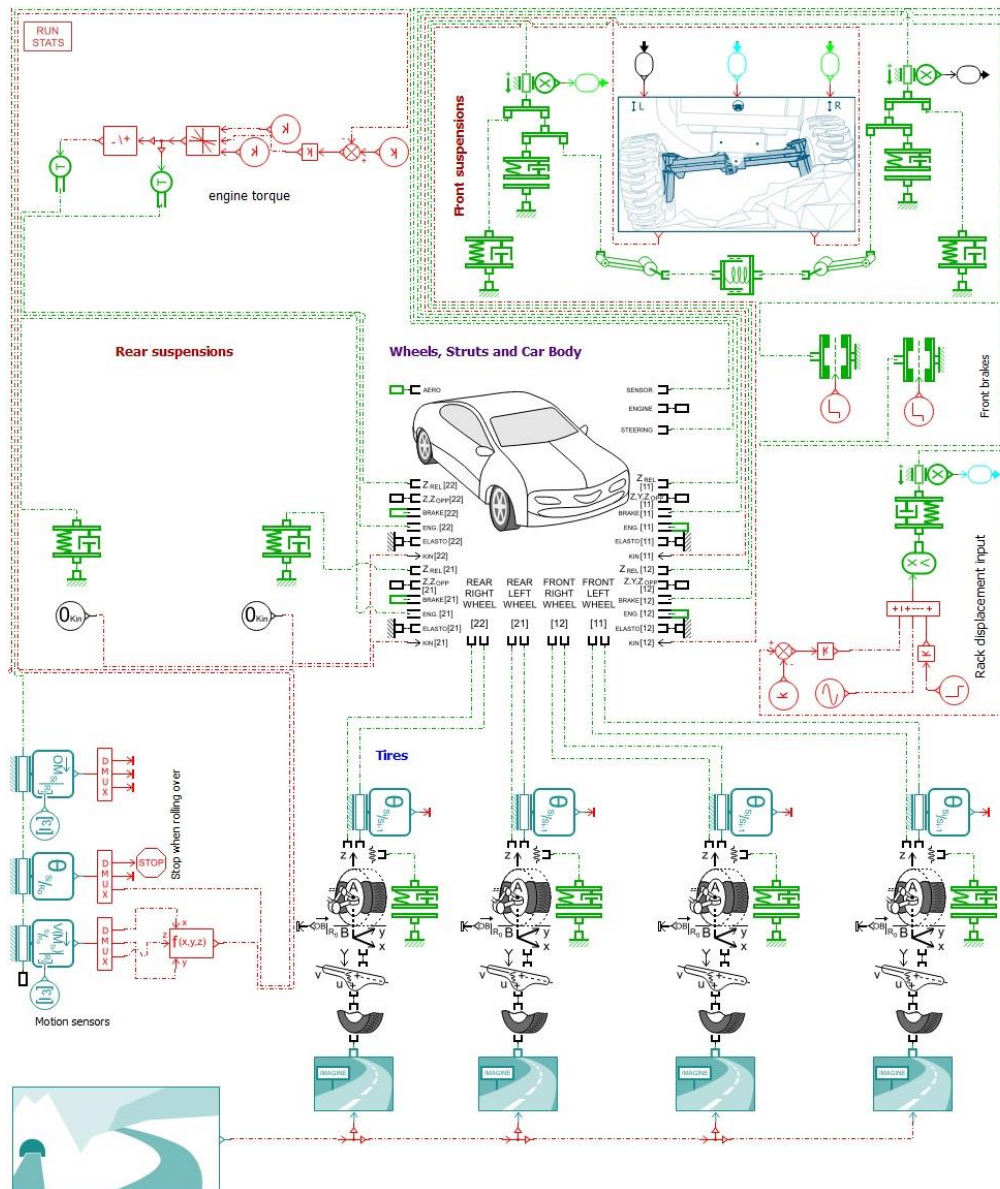


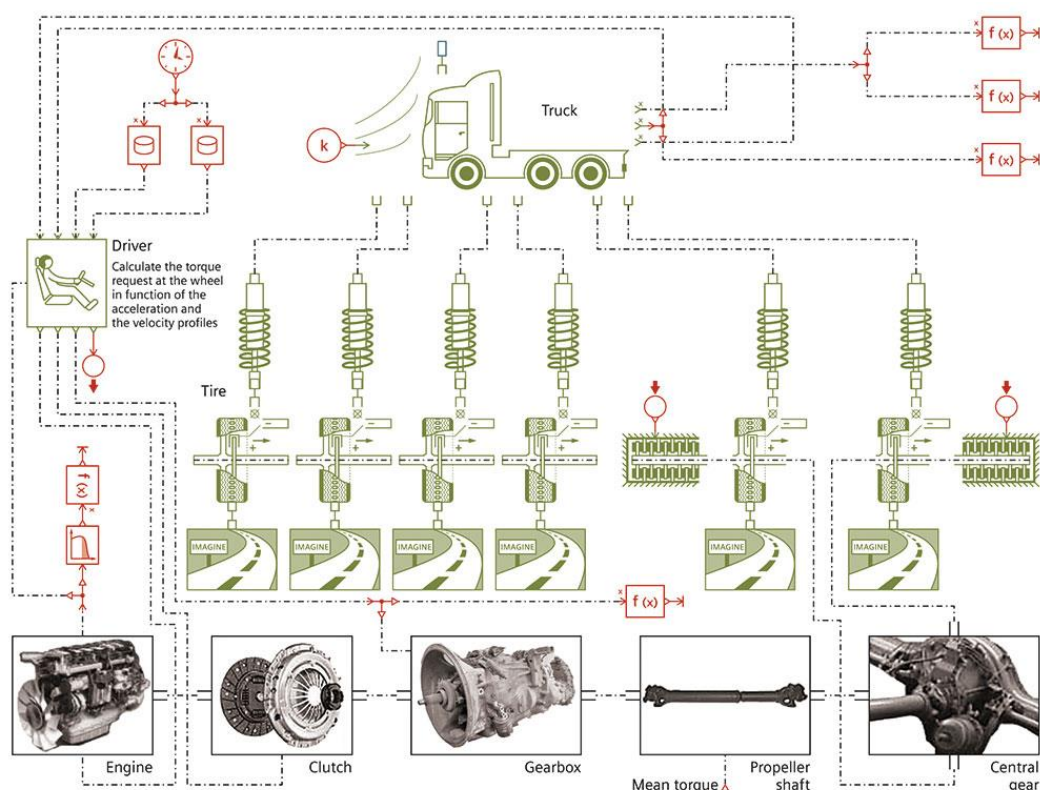
Рисунок 1.9. – Блок-схема реализации колебаний автомобиля в Simcenter

Большинство пользователей ориентируются на готовые линейные модели, где требуется задать их необходимые параметры, сформировать воздействие дороги через модуль *microprofile*. Данный модуль позволяет задать возмущение дороги кусочно-линейными отрезками по точкам. Данный метод является наименее неэффективным по сравнению с методами интерполяции Ньютона по 3-м точкам [12] или Catmull Rom по пяти точкам [9]. Кроме того, в модуле *microprofile* невозможно задать большой объем точек и трудоемко занести их в память. Обычно реализуется только переезд препятствий, разгон автомобиля либо движение с поворотами на гоночной трассе для моделирования боковой нагруженности.

На базе простых стандартных компонентов (двигателя, трансмиссии и др., см. модель в левом верхнем углу рисунка 1.9) невозможно проводить углубленное исследование.

Проведение управляемости в поперечной плоскости можно осуществить по аналогии воздействия в вертикальной через модуль *microprile*, задавая кусочно-линейными участками траекторию и повороты дороги [13, 16, 17].

Из немногих открытых материалов в интернете рассмотрим опыт Scania [4] по применению пакета Simcenter Amesim в 2013 г. для моделирования тяговой динамики автомобиля. Использовалась имеющаяся в папке *demo* типовая блок-схема моделирования движения, показанная на рисунке 1.10.



**Рисунок 1.10. – Блок-схема двигателя, сцепления, трансмиссии Scania**

Созданная, с помощью Simcenter Amesim из стандартных компонентов модель ТС, включала двигатель, сцепление, карданный вал, зубчатые передачи, шины и компоненты подвески, управляемость водителем. Она использовалась для анализа основных источников потерь в различных типах шестиступенчатых коробок передач, крутящего момента, проблем с пневматическим приводом и потоком масла в коробке передач и режима переключения КПП (рисунок 1.11).

Непонятно только как реализовалась логика переключения передач, учитывались ли частичные характеристики двигателя по крутящему моменту и расходу топлива в зависимости от профиля дороги. Скорее нет.



дорог, реализации логики переключения передач поскольку используются простые линейные модели и их характеристики без учета трения в них.

При проведении моделирования управляемости автомобиля в Simcenter обычно используется зависимость увода шины, как  $F_{ув\_шин} = f(\Delta, \dot{\omega})$  (Дугол поворота). Согласно работы [17] ее реальную характеристику необходимо реализовать на основе интегратора АВМ (как и в Simulink), т.е. она должна описываться зависимостью  $F_{ув\_шин} = \int_0^t f(\Delta, \dot{\omega})$ , аналогично предложенной автором модели трения [9]. В этом принципиальное отличие от предлагаемого Simcenter.

Интересны полученные НТЦ КАМАЗ результаты моделирования вибраций кабины в Simcenter, на которые выходили через вибрации автомобиля [10], задавая воздействие 3-х типов дорог (по точкам в ограниченном их количестве). Моделировалось движение автомобиля по дорогам полигона НАМИ с различным профилем:

- бельгийская мостовая, скорость движения 40 км/ч;
- разбитый асфальт, скорость движения 80 км/ч;
- булыжник ровный, скорость движения 40 км/ч.

Отмечено существенное расхождение между расчетными и экспериментальными данными. Но конкретные данные по ним не приведены.

В статье (таблице) приведены только результаты теста переезда препятствия “Лежачий полицейский” при 10 км/ч.

Таблица. Сравнение экспериментальных и расчетных данных теста

Направление оси	Среднее квадратическое отклонение, м/с <sup>2</sup>	
	Эксперимент	Расчет
X	0,329	0,248
Y	0,522	0,469
Z	0,724	0,451

### 1.3.6 Обобщение по выбору пакетов

Результаты моделирования одномассовой модели и сравнительные исследования НТЦ КАМАЗ, Scania по Simcenter Amesim свидетельствуют, что он не обеспечивает необходимой точности расчетов и ограничен возможностями задания профилей дорог, в основном переезд препятствий. Поэтому никакой возможности корректного расчета движения, колебаний и долговечности в нем нет. В отличие от него пакет Simulink лучше подходит для проведения серьезных исследований задач движения, колебаний и управляемости колесных машин, их долговечности [9], как обеспечивающий

наиболее корректное их моделирование, совпадающее с экспериментом. Но он требует наличия более высококвалифицированных специалистов, хорошо разбирающихся в мехатронике, программированию в Matlab/Simulink и C/C+.

Simcenter Amesim может применяться только для предварительной оценки параметров автомобиля. Также его применение возможно в учебном процессе ВУЗов для понимания студентами процессов в автомобиле.

#### 1.4. Осуществление полунатурных испытаний

Основные вопросы имитационного моделирования автомобиля с симулятором в качестве основы полунатурных испытаний подробно рассмотрены в работе [9]. Проблемными местами их осуществления является необходимость применения сложных моделей, недостаточное быстродействие существующих компьютеров, ограничение длины кабелей передачи информации с компьютеров на испытательное оборудование. По этой причине рекомендуется использование сети CAN BUS, позволяющей передавать информацию до 100 м. При передаче аналоговых длина вдвое меньше.

Это обуславливает необходимость создания отдельного помещения для компьютерной техники на стендовом участке и создания для нее надлежащих условий эксплуатации.

Также необходимо учитывать потери быстродействия моделирования из-за сети и усложнения всей системы при одновременном моделировании движения, колебаний и управляемости, что обуславливает разделение вычислений по компьютерам с применением схем на рисунках 1.13, 1.14.

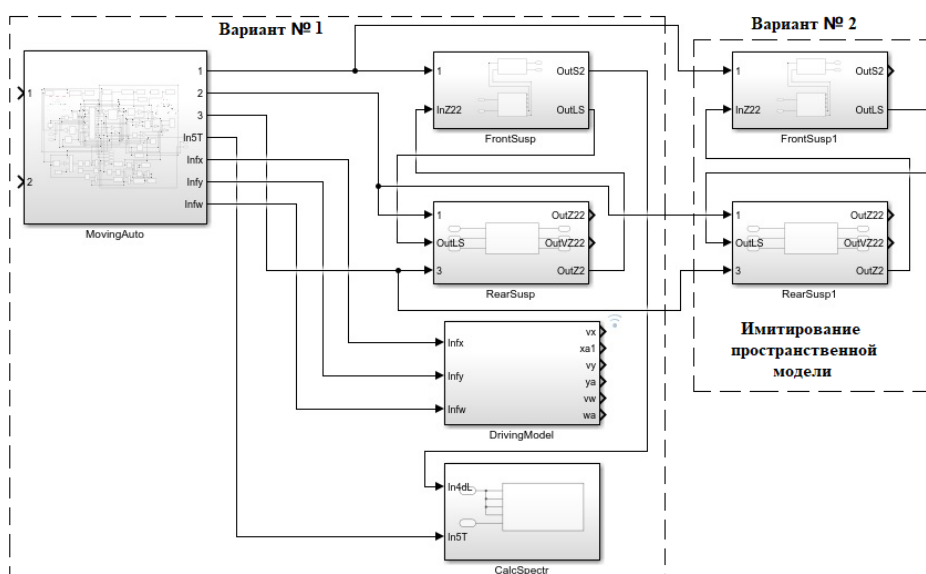
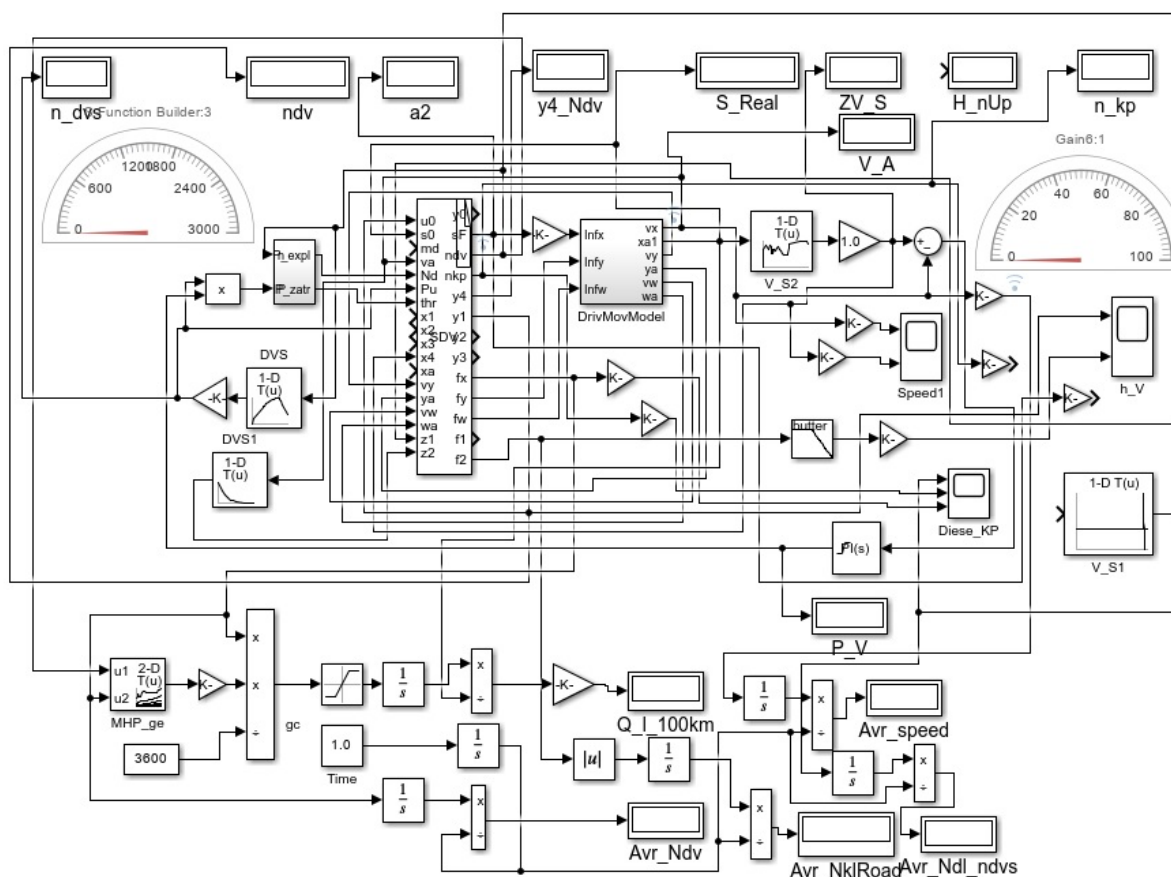


Рисунок 1.13. – Общая блок-схема реализации моделирования вибраций пространственной модели автомобиля в Simulink



**Рисунок 1.14. – Блок-схема реализации моделирования движения, управляемости автомобиля в Simulink с перенесением колебаний на другой компьютер**

Такой подход и усложнение связаны с использованием пространственной модели [9] для учета крутящих нагрузок, определяющих повреждение рамы, кабины и др. и реализации процесса моделирования в реальном масштабе времени с передачей информации на стенды, включая симулятор по сети CAN BUS, с компенсацией потерь быстродействия по ней.

### 1.5 О выборе стендов

Важным для полунатурных испытаний является выбор стендового оборудования, включающего не только сами стенды, но и программно-технические средства к ним, а также механизмы передачи усилий.

Представляет интерес стендовое оборудование американской фирмы MTS для испытаний [1, 20–40], которое применяется в различных отраслях (авиа, автомобилестроении, судостроении и др.), зарекомендовало себя с хорошей стороны, используется многими автомобилестроительными фирмами. Они производят все необходимое для проведения испытаний:

гидропульсаторы, электронику управления, насосные станции, программное обеспечение, включая различные приспособления/механизмы на основе многорычажной системы по типу органов насекомых, позволяющие осуществлять трехмерное нагружение, устройства определения нагрузок в дорожных условиях, обработки данных, получаемых в процессе дорожных испытаний, контроллеров корректировки воспроизведения нагружений несколькими датчиками. Имеется хорошая документация по оборудованию и программным средствам [20-40], проводится обучение и видеосеминары по ним.

### **Заключение по главе 1**

1. Рассмотрены модели, применяемые в Simulink, Simcenter Amesim, реализация ими амплитудно-частотных характеристик при возмущениях 1, 2 м/с<sup>2</sup>, характерных для движения КМ по дорогам.

2. Показано, что даже при использовании аналогичной модели трения Simulink в Simcenter, как и без трения, приводит к значительному расхождению с экспериментом до нескольких раз. В тоже время в Simulink эта же модель обеспечивает погрешность 5–15%.

3. Результаты эксперимента и расчета колебаний автомобиля в Simcenter, проведенные НТЦ Камаз, показывают значительные расхождения в 1,3–1,7 раза даже при переезде препятствий, а также при движении по дорогам полигона НАМИ, что обусловлено некорректностью его моделей компонентов, неиспользование трения, применение кусочно-линейной аппроксимации дороги по точкам, что не реализует реальные дороги.

5. Simulink наиболее подходит для проведения исследований задач движения, колебаний и управляемости колесных машин, как обеспечивающий хорошо совпадение с экспериментом.

6. При выборе стендового оборудования следует ориентироваться на стенды американской фирмы MTS, которые соответствуют новым возросшим требованиям к ним.

## ГЛАВА 2. ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

### 2.1 Вибрационные испытания всего автомобиля

Вибрационные испытания представляют первый этап, с которого должны начинаться стендовые полунатурные испытания. Их целью является экспресс-оценка вибраций всей машины, выявление резонанса в элементах конструкции, напряженно-деформируемого состояния, получение исходных данных для ресурсных испытаний [20–39] (рисунок 2.1).



на вибростендах за рубежом (а), в НАМИ на 4-х пульсаторах (б)  
**Рисунок 2.1. – Вибрационные испытания всей машины на стендах МТС**

В основе проведения таких испытаний использование микропрофиля дороги, его воздействие на шины или через оси на весь автомобиль. Микропрофиль представляет собой массив высоты неровности по длине дороги, полученный при фиксированном шаге (0,1–0,2 м). Непосредственно задействовать его массив нельзя: он должен быть скорректирован с учетом скорости т.е. должен быть задан режим движения (скорость по пути), определяемый на основе баланса сил для проектируемого автомобиля.

Целесообразнее получить его путем моделирования движения автомобиля на основе плоской модели и массива совместного макро и микропрофиля (см. рисунок 1.14), используя наработки, опыт моделирования автомобиля [9].

Для чего в процессе моделирования вначале усредним значения совместного макро и микропрофиля под левым и правым колесом. Хотя возможно также использование массива одной стороны, но при двух точнее. В результате моделирования получаем значения перемещения и скорости автомобиля, на основе которых интерполируются промежуточные значения под каждым колесом, рассчитывается задержка воздействия по осям т.с. учитывается переменный характер движения [9]. На основе пройденного пути определяем текущее значение высоты макро и микропрофиля под каждым колесом. Из этого суммарного массива необходимо выделить составляющую микропрофиля путем использования фильтра высокой частоты и записываем их в бинарный файл. Этот массив будет использоваться при воспроизведении вибраций на стендах. В результате получаем значение совместного макро и микропрофиля. Далее необходимо избавиться от составляющей макропрофиля с помощью фильтров т.к. стенды не могут воспроизвести ее большие значения (десятки, сотни метров). На рисунке 2.2 представлена блок-схема реализации такого фильтра для выделения составляющей микропрофиля в Simulink.

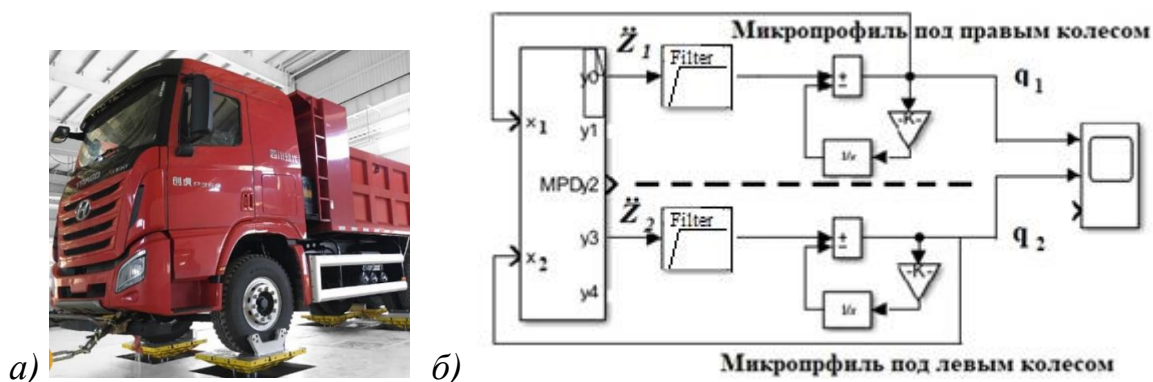


Рисунок 2.2– Блок-схема реализации такого фильтра в Simulink

Наиболее просто это можно сделать, используя фильтр высоких частот

и фильтр на интеграторе, ограничивающий/срезающий амплитуды низких частот. Параметры фильтра (рисунок 2.3) рассчитываются по формуле

$$K_{\Pi} = \frac{6,28 \cdot f \cdot \tau}{\sqrt{1 + (6,28 \cdot f \cdot \tau)^2}}$$

где  $K_{\Pi}$  – коэффициент передачи фильтра от частоты и постоянной сглаживания,  $f$  – частота интегрирования в Гц,  $\tau = T$  – постоянная времени цепочки сглаживания.

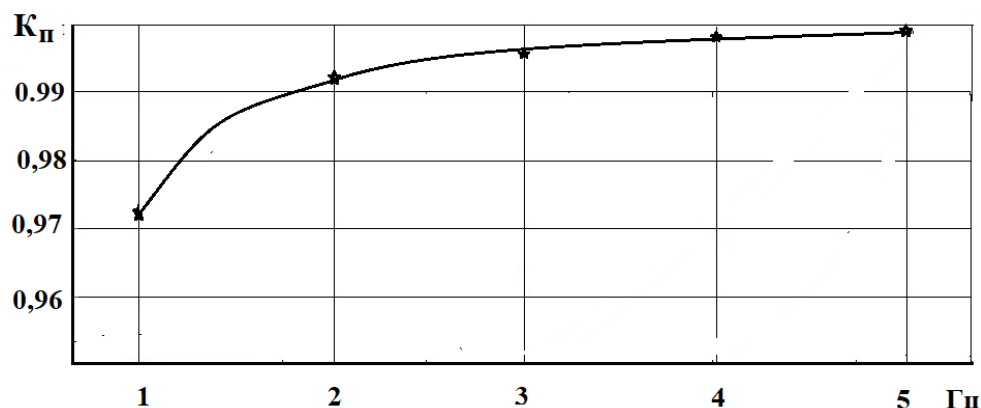


Рисунок 2.3. – Погрешность сглаживания микропрофиля от частоты

При параметрах  $\tau = 0,566$  погрешность на частотах 1,5; 2; 2,5 Гц составляет соответственно 1,25; 0,7; 0,5 %, что вполне приемлемо для данного спектра воздействия на автомобиль.

Для вибрационных испытаний всего автомобиля необходимо определить значения высот всех точек воздействия осей с учетом их задержек.

Для осуществления испытаний необходим отдельный компьютер с контроллерами 793 серии через АЦП либо CAN BUS, с которых сигналы будут подаваться на стенды с гидропульсаторами (на их блоки управления).

Благодаря таким испытаниям можно симитировать воздействие дороги на автомобиль, оценить вибрации элементов конструкции, незамечаемые при дорожных испытаниях, напряженно-деформированное состояние узлов и на основе их вести ресурсные испытания. Практически можно оценить функционирование и нагруженное состояние всех основных узлов: подвески, кабины, рулевого управления, рамы, мостов и др.

Судя по снимку стендового участка сверху в интернете подобные испытания проводит ГАЗ. КАМАЗ проводил только испытания кабины [10, 11]. Имеется стенд на 4-х гидропульсаторах в НАМИ. На остальных заводах такие испытания не проводятся. Причина отсутствие высококвалифицированных инициативных кадров для реализации

моделирования и полунатурных испытаний, хотя гидропульсаторы на многих заводах есть.

Случаями незамеченных на стадии проектирования и первых дорожных испытаний являются резонансные вибрации нитей лампочек фар, дребезжание остова сиденья, вентилятора отопителя на автомобилях МАЗ-5335, неподачи смазки на подшипники в промежуточном мосте, касание полуприцепом кронштейна рамы МАЗ-6422, приводящие к образованию трещин, капота МЗКТ-9922 и др. Все это можно было выявить при полунатурных испытаниях и устранить их еще до запуска в производство. Примерами решений являются проведенные в 1975 г. вибрационные испытания системы подрессоривания фар в бампере на семействе МАЗ-5335 на электродинамическом стенде ВЭДС-200 при воспроизведении реальных вибраций. В результате выяснено, что подрессоривание только усиливает резонансные вибрации нитей накала лампочек и от него отказались.

И только вибрационные испытания сиденья семейства МАЗ-6422 в 1983 г. с его подставкой на стенде Schenck позволили выяснить причину дребезжания сиденья – резонансные вибрации остова (сложной выштамповки толщиной 3 мм), достигающие 1 мм и найти простое решение проблемы: увеличить толщину шайб до 2 мм над подставкой.

## **2.2 Вибрационные испытания кабины**

Воздействие на кабину (рисунок 2.4) можно реализовать путем экспериментальных замеров ускорений в четырех точках крепления осей (моста) при дорожных испытаниях. Полученные ускорения необходимо дважды проинтегрировать (по схеме рисунка 1.3) для определения перемещений этих точек и использования их при испытаниях. Необходимые данные также можно получить путем моделирования пространственной модели (см. рисунок 3.24 [9]) при движении автомобиля по реальной дороге с ее макро и микропрофилем. Полученные данные необходимо использовать для задания нагрузений и определения наиболее нагруженных точек панелей кабины методами изменения величины намагничивания, а для направления действия напряжений нанесением хрупкого лака. Для полунатурного испытания необходимо задействование гидропульсаторов т.к. электроактуаторы ограничены частотой 10–12 Гц и обладают меньшей мощностью. Последние целесообразнее использовать в варианте симулятора.

Важно обеспечить реальный спектр возмущения, чтобы получить корректные результаты таких испытаний, что требует использования реальных микропрофилей дорог и более сложных моделей вибраций КМ.



а)



б)

**Рисунок 2.4. – Вибрационные испытания кабины (а), в качестве симулятора (б)**

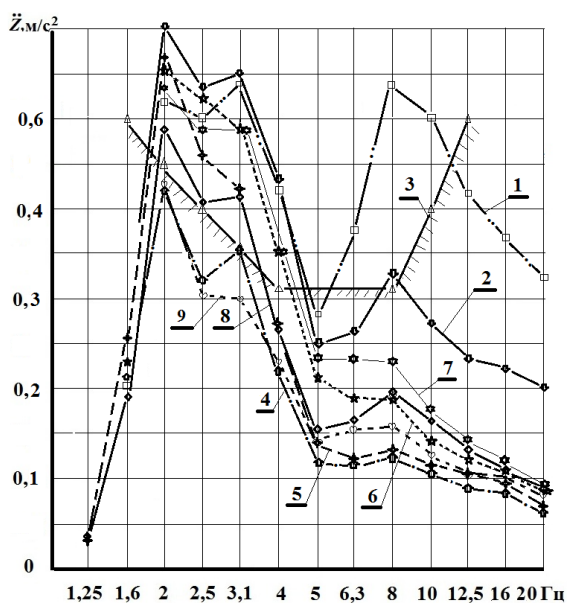
Другим направлением является использование специальной вибрационной площадки (рисунок 2.5), обеспечивающей воздействие в 3-х плоскостях.



**Рисунок 2.5. – 3-х осевая вибрационная площадка для испытания различных конструкций**

На ней можно испытывать на вибрации силовой агрегат, выхлопную систему, охлаждения и др. узлы. Особенно это важно для узлов, которые плохо поддаются расчетам (системы выхлопа, топливные баки и др.).

На рисунке 2.6 представлены графики виброн нагруженности автомобиля, дающие представление о характере вибраций.



- 1 – уровень вибраций на раме; 2 – уровень вибраций на полу подрессоренной кабины;  
 3 – допустимые санитарные нормы; 4 – подвеска кабины с  $f = 1,5$  Гц;  
 5 – с  $f = 2,5$  Гц; 6 – с  $f = 4$  Гц; 7 –  $f = 5$  Гц; 8 – на сиденье без подрессоривания кабины;  
 9 – на сиденье при малолистовой рессоре без подрессоривания кабины

**Рисунок 2.6. – Результаты моделирования вибраций автомобиля 6×6 при движении по булыжному шоссе со скоростью  $v = 40$  км/ч**

При проведении ресурсных испытаний из возмущения необходимо вырезать участки с низким уровнем вибраций, определить блоки нагружений, используя метод “дождя” [9]. Программа на C/C++ ее реализации приведена в приложении А.

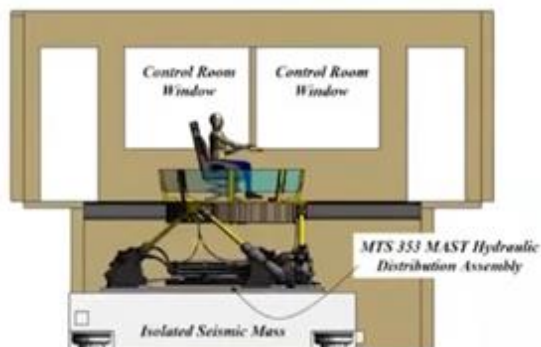
## 2.3 Испытания сиденья

**2.3.1** Данные испытания проводятся для оценки виброзащитных, эргономических свойств сиденья, виброн нагруженности водителя, отработки его конструкции (рисунка 2.7). Они требуют использования сигнала виброперемещений в 3-х плоскостях, получаемых из ускорений на полу кабины путем их двойного интегрирования по схеме рисунка 1.3.

Использование непосредственно ускорений усложнено дрейфом перемещений относительно нуля. Возможно, это можно устранить, задействовав компенсаторы 793 серии.

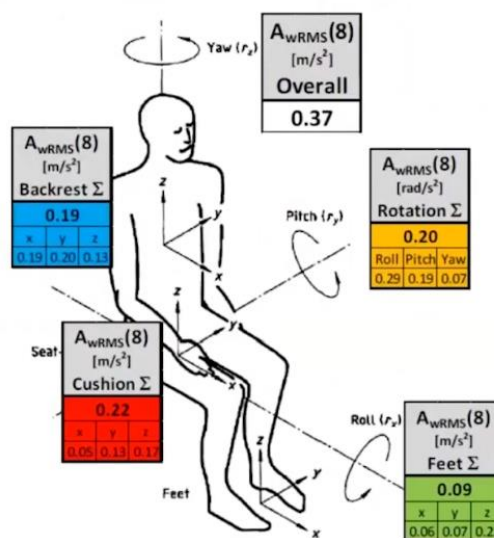
## 353 MAST – Исследования сиденья. человеческого фактора

- массой до 600 кг
- Ускорения до 2 g
- Воздействие до 50 Гц
- Безопасность при испытаниях с человеком



### Accurately Measure Seat Vibration Environment

- Measuring all 12 DOFs (*Degree of Freedom*) for WBV calculation of ISO 2631 in field can be quite complex
  - 3 axis Cushion Seat Pad
  - 3 axis Backrest Seat Pad
  - 3 axis Feet
  - Spaced Accelerometers for Rotational Calculation
- ISO 7096 recommends guidelines for Z axis cushion transmissibility only
  - 9 different input PSDs that represent all vehicles (EM 1 to 9)
- X, Y and Rotational Inputs sometimes are more dominant than Z Exposure



includes a tool for ride comfort analysis

Рисунок 2.7. – Вибрационные испытания сиденья на стенде NASA

Последние могут быть получены при моделировании автомобиля при движении по дороге [9], а также путем замеров экспериментальных ускорений на полу кабины. Также они могут осуществляться при проведении вибрационных испытаний всего автомобиля или кабины.

Они могут проводиться как с манекеном, так и с человеком. В последнем случае требуется обеспечение безопасности испытаний, как показано на рисунке 2.7. Зона испытаний должна быть огорожена, в начале проведены испытания с грузом либо с манекеном, только потом с человеком.

Вибрационные испытания позволяют оценить и исследовать вибронагруженность водителя автомобиля и его подвески.

**2.3.2** Проведенные в работе [9] путем моделирования исследования влияния сиденья и снижение трения в рессоре показали следующее.

Подрессоренное сиденье с оптимальными параметрами в случае отсутствия подрессоривания кабины обеспечивает меньший уровень среднеквадратических вибраций в третьоктавных полосах частот 1,25–5 Гц по сравнению с вариантами пружинной подвески 5, 6, 7. И лишь начиная с 5 Гц подрессоривание кабины с пружинной подвеской с параметрами  $f = 2,5$  Гц обеспечивает более низкие значения вибраций на сиденье (на 12% в третьоктаве 8 Гц). При вариантах 6, 7 ( $f = 4; 5$  Гц) эффект от подрессоривания кабины незначителен.

В случае применения малолистовой рессоры с уменьшенной величиной трения (в 1,5 раза) в варианте только с сиденьем в третьоктавах 1,25–4 Гц имеет место такое же снижение вибраций, как и в варианте 4. И лишь начиная с третьоктавы 5 Гц наблюдаются несколько большие значения вибраций, чем у варианта 4 с пневмоподвеской кабины. При этом необходимо отметить, что уровень вибраций в полосе 5–20 Гц значительно ниже допустимого уровня вибраций (в 2–3 раза), поэтому их значения могут не учитываться.

При оценке эффективности систем подрессоривания кабины необходимо принимать во внимание увеличение ходов подвески кабины до 24 мм на сжатие от положения статического равновесия при снижении частоты собственных колебаний. В худших условиях эксплуатации он может быть значительно выше. Это усложняет конструкцию привода сцепления, тормозов и рулевого управления. Последнее из-за использования шлицевого соединения и люфтов становится неинформативным. И неслучайно на автомобилях повышенной проходимости не применяется подрессоривание кабины. Кроме того, подрессоривание кабины значительно удорожает автомобиль.

В целом, по совокупности факторов полученные результаты свидетельствуют о нецелесообразном применении подрессоривания кабины на автомобилях 6×6 повышенной проходимости, несмотря на снижение вибраций в высокочастотной области, где уровень мал.

Рациональнее применять более эффективное подрессоренное сиденье в сочетании с малолистовой рессорой, обеспечивающей снижение трения. Это более дешевый вариант снижения вибраций, чем подрессоривание кабины.

## ГЛАВА 3

### КЛАССИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ПОДСИСТЕМ И УЗЛОВ КМ

#### 3.1 Испытания кабины на удар

Определяющим с точки зрения прочности кабины все же является оценка ее на удар спереди, сбоку, сверху (рисунок 3.1 или при опрокидывании машины, а не вибрационные испытания, используемые для оценки вибраций панелей и шума. Расчетным путем данные испытания можно реализовать путем приложения нагрузки на ее 3D модель при использовании пакетов Patran/Nastran, ANSYS, как это осуществляли ОИМ НАН РБ и в работе [18].

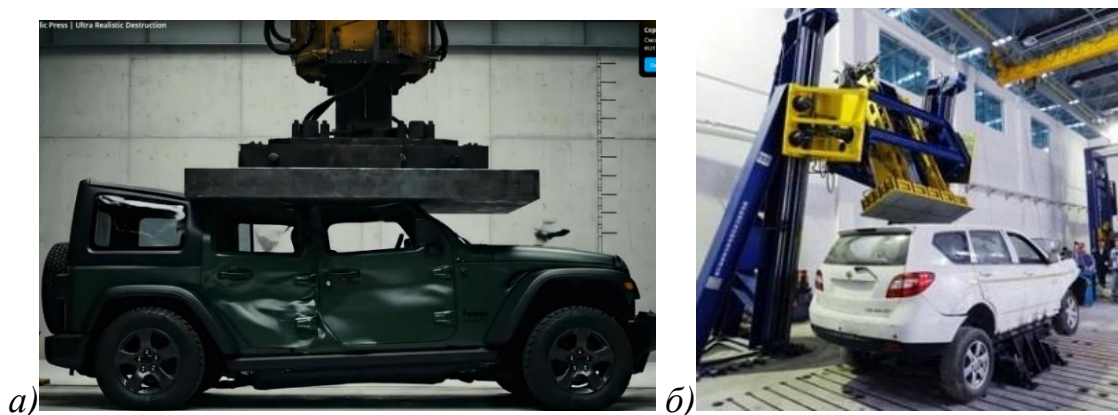


Рисунок 3.1. – Оценка прочности кузова/кабины

#### 3.2 Испытания рамы/кузова

Для испытаний рамы требуются стенды, осуществляющие закручивающие нагрузки (рисунок 3.2), обуславливающие наибольшее повреждающее воздействие. Крутящее воздействие можно также осуществить путем воздействия 2-х (см. рисунок 4.23), 4-х, 6-ти гидропульсаторов в т.ч. при вибрационных испытаниях всего автомобиля.

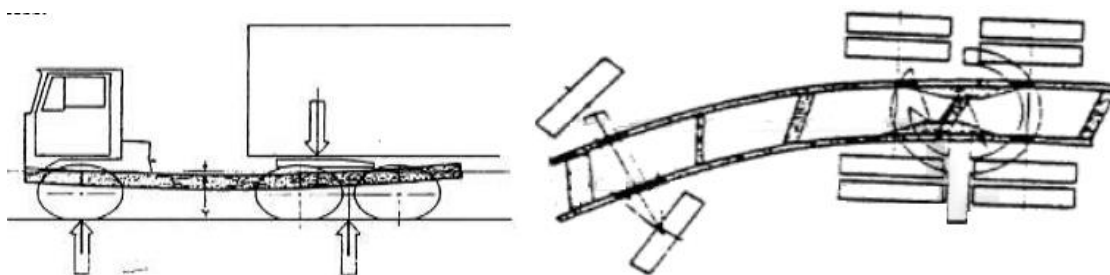


Рисунок 3.2. – Стенд для нагрузки рамы на кручение

Данные по воздействию на раму можно получить путем экспериментальных замеров ускорений в четырех точках крепления осей (моста) на ней при дорожных испытаниях. Ускорения необходимо дважды проинтегрировать (по схеме рисунка 1.3) для определения перемещений этих точек, на основании которых определяется угол кручения рамы, необходимый для исследований и ресурсных испытаний. Необходимые данные также можно получить путем моделирования пространственной модели (рисунок 3.24 [9]) при движении автомобиля по реальной дороге с ее макро и микропрофилем. Эти данные необходимо использовать для задания нагрузений и определения наиболее нагруженных точек рамы методами изменения величины намагничивания, а для направления действия напряжений нанесением хрупкого лака. Для полунатурного испытания необходимо задействование гидропульсаторов т.к. электроактуаторы ограничены частотой 10–12 Гц и обладают меньшей мощностью.

Для проведения ресурсных испытаний рамы требуется определить блоки нагружений, используя метод “дождя” [9].

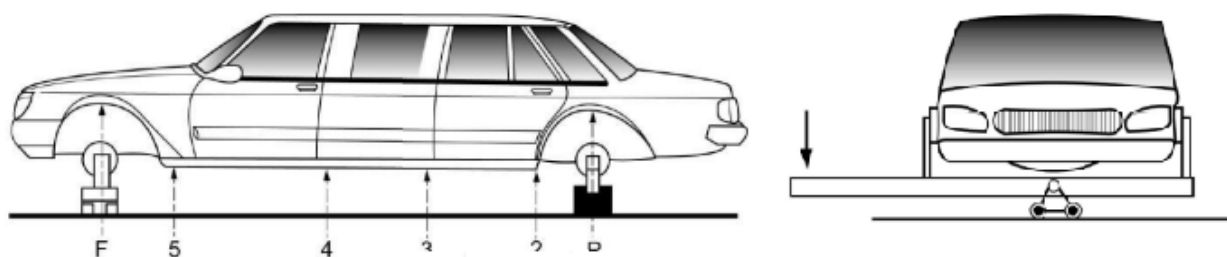
При проведении испытаний рамы необходимо учитывать особенности ее возможного нагружения, показанного на рисунках 3.3.



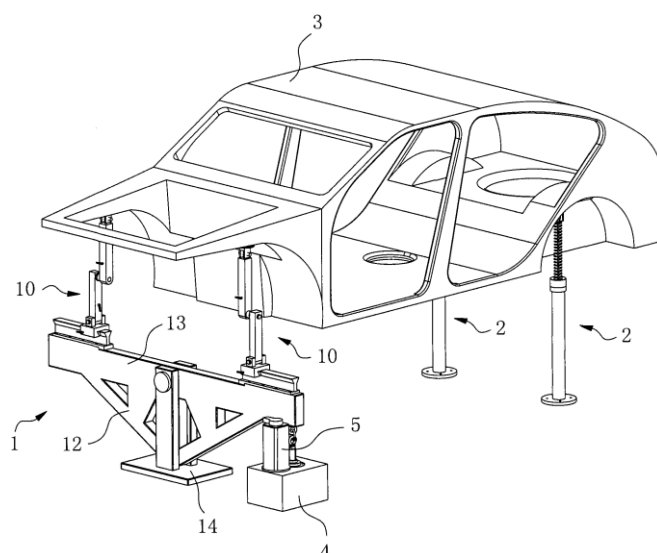
**Рисунок 3.3. – Дополнительный возможный характер нагружения рамы**

На опытном образце МАЗ-6422 в 1982 г. имел случай касания полуприцепом кронштейна рамы при развороте автопоезда на неровном участке поверхности, приводящий к значительному увеличению напряжений свыше предела текучести (появлению трещины) в этом месте рамы.

Оценку нагруженности рамы/кузова на предварительном этапе можно проводить и более простыми методами, показанными на рисунках 3.4, 3.5.

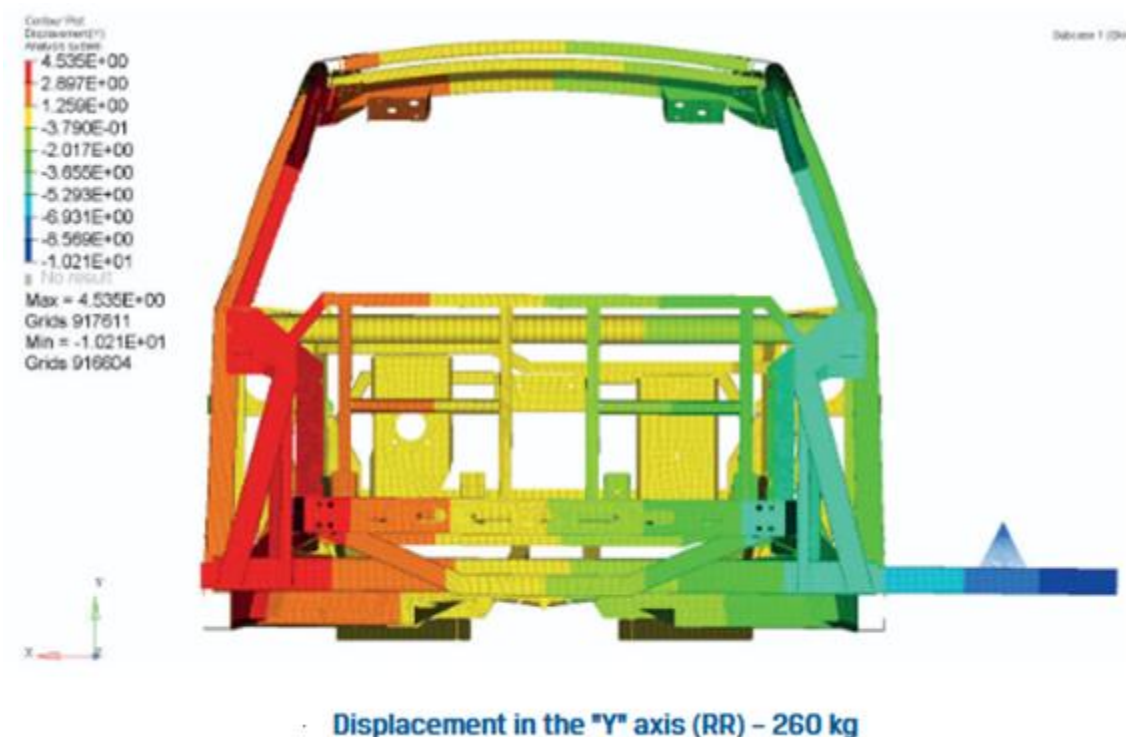


**Рисунок 3.4. – Оценка нагруженности кузова путем его закручивания**



**Рисунок 3.5. – Испытания кузова легкового автомобиля на кручение**

Предварительно целесообразно оценить ее напряженно-деформированное состояние в пакетах ANSYS, PARTRAN/NASTRAN как показано на рисунках 3.6, а потом экспериментально (рисунок 3.7).



**Рисунок 3.6. – Оценка напряженно-деформированного состояния кузова легкового автомобиля в инженерных пакетах**

Жесткость на кручение кузова  $k_\phi$  представляет собой отношение крутящего момента к изменению угла закручивания (рисунок 3.7)

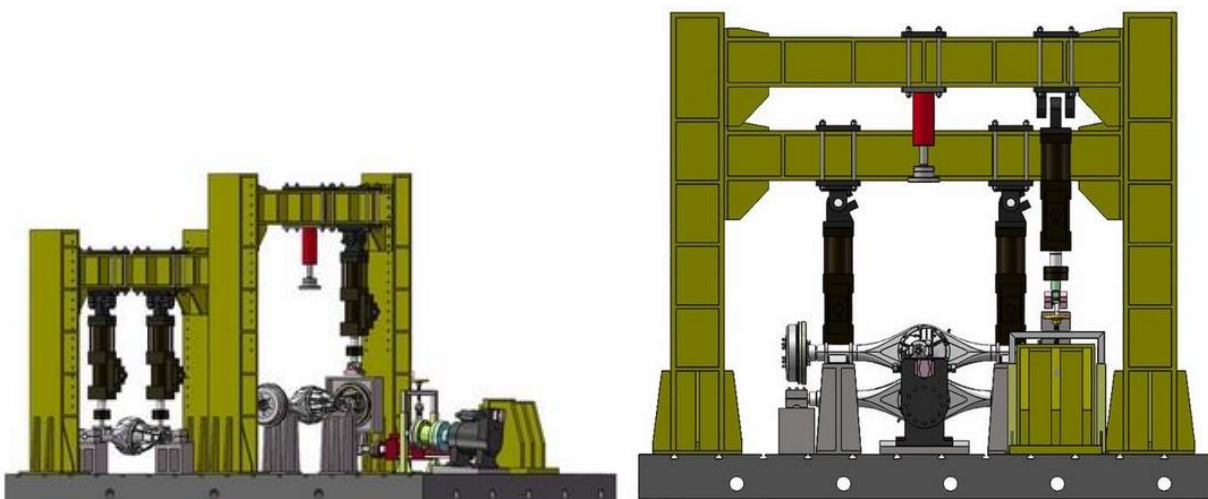
$$k_\phi = \Delta M / \Delta \phi).$$



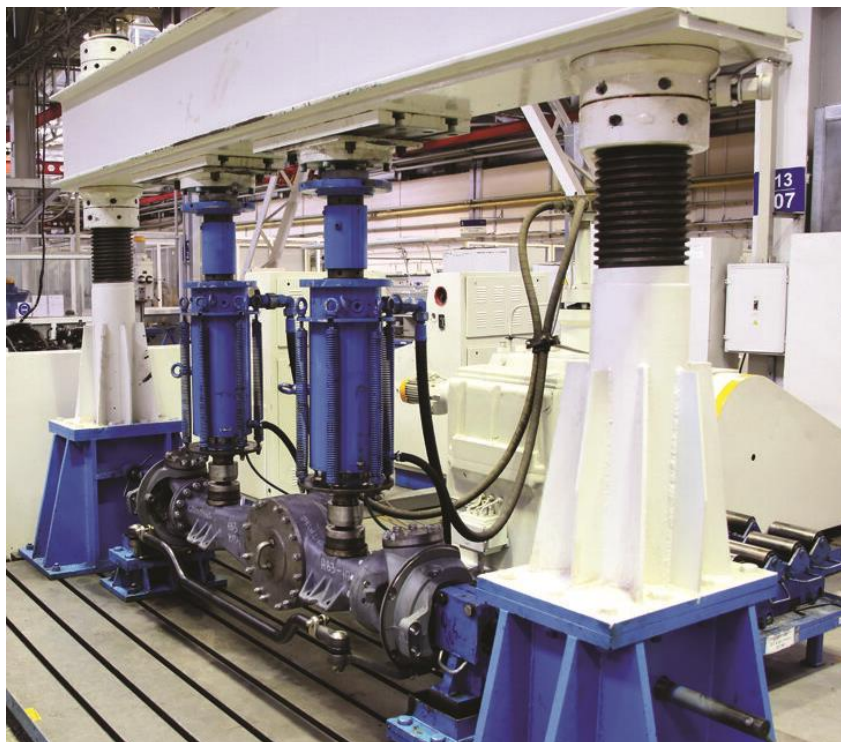
**Рисунок 3.7. – Экспериментальная оценка напряженно-деформированного состояния кузова легкового автомобиля**

### **3.4 Испытания осей, картеров мостов**

Для проведения испытания осей, картеров мостов с помощью гидропульсаторов требуется использование массивной арочной конструкции (рисунки 3.8, 3.9) для обеспечения жесткости испытательной конструкции ввиду ее влияния на точность силового воздействия.



**Рисунок 3.8. – Испытания мостов с помощью гидропульсаторов**



**Рисунок 3.9. – Испытания мостов с помощью гидропульсаторов на КАМАЗе**

В начале требуется определить действующие на них нагрузки не только вертикальные, но и продольные и крутящие, которые в дальнейшем используются в качестве задаваемого воздействия. Их можно получить путем тензометрирования в дорожных условиях или при имитационном моделировании автомобиля в т.ч. и трансмиссии [9] с использованием совместного массива макро и микропрофиля дороги. Для испытаний мостов могут использоваться схемы на рисунках 3.9, 3.10. Ресурсные испытания осей, картеров мостов целесообразно проводить на гидропульсаторах с заданием блоков нагрузений по методике [9], а детальное их исследование проводить на реальном возмущении по схеме рисунках 1.3, 3.9.

А при испытаниях трансмиссии (см. п.3.5) можно еще оценить нагрузочный, температурный режим, осуществление смазки и т.п., выявить проблемы, которые сложно определить в дорожных условиях.

В дальнейшем необходимо учитывать более сложный характер нагружения картеров мостов (рисунок 3.10), вызванный воздействием дороги и усилий в трансмиссии. Их значения можно определить исходя из моделирования колебаний в подвеске и трансмиссии (см. п.3.5 [9]) и движения автомобиля (см. п. 3.11 [9])

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{F_k - F_B - F_\Psi - F_T}{m_a \delta}.$$

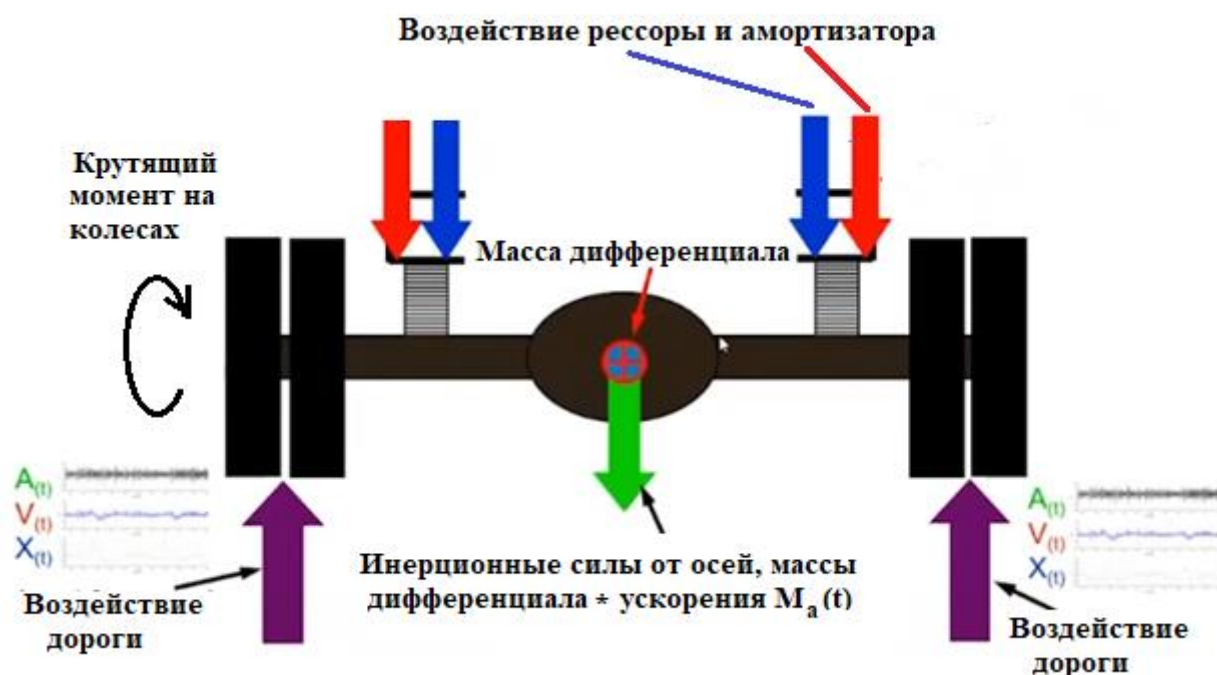


Рисунок 3.10. – Силы, действующие на картер моста

Для реализации такого воздействия за рубежом начали применять трехмерное испытательное оборудование MTS (Multi Triaxial Test Machine) на гидроцилиндрах, воспроизводящее воздействие в 3-х плоскостях путем воздействия на ступицы (рисунок 3.11).

### HT Multi-axial Hub Coupled Road Simulators- 329HT-MP

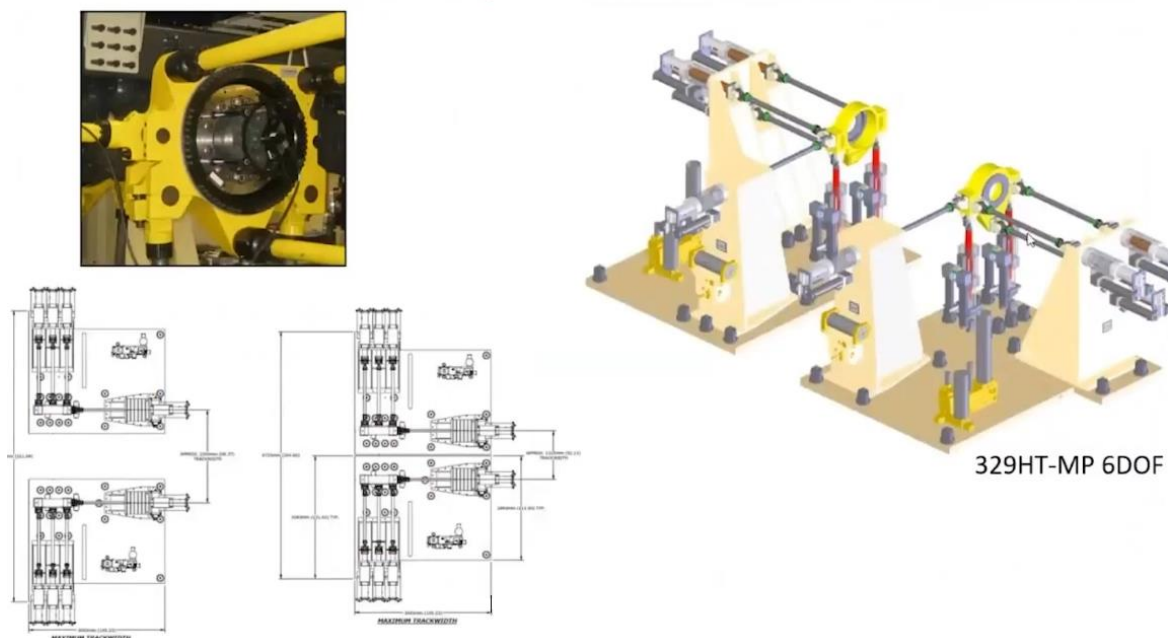
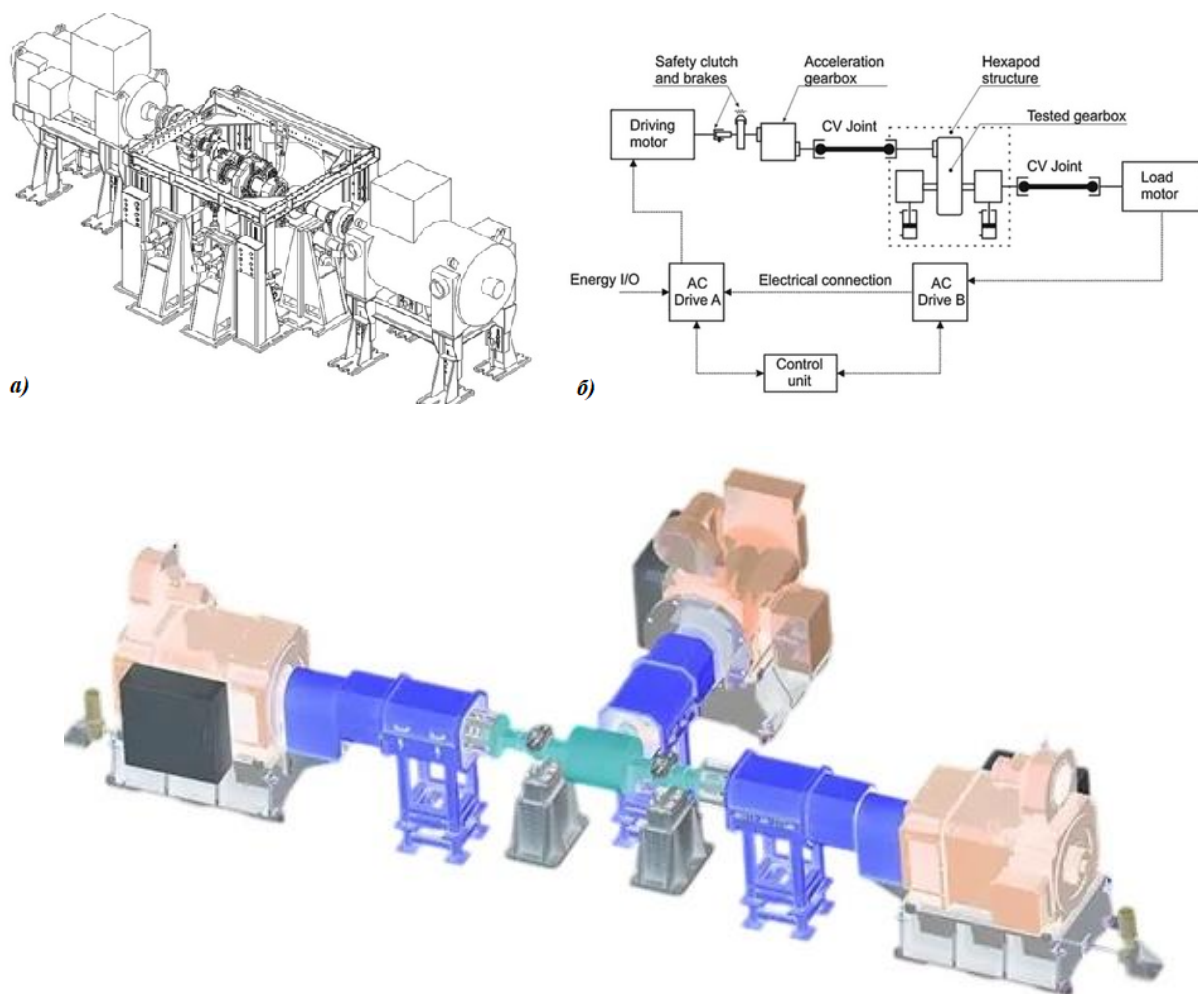


Рисунок 3.11. – Оборудование американской фирмы MTS для воспроизведения воздействия на мост в 3-х плоскостях

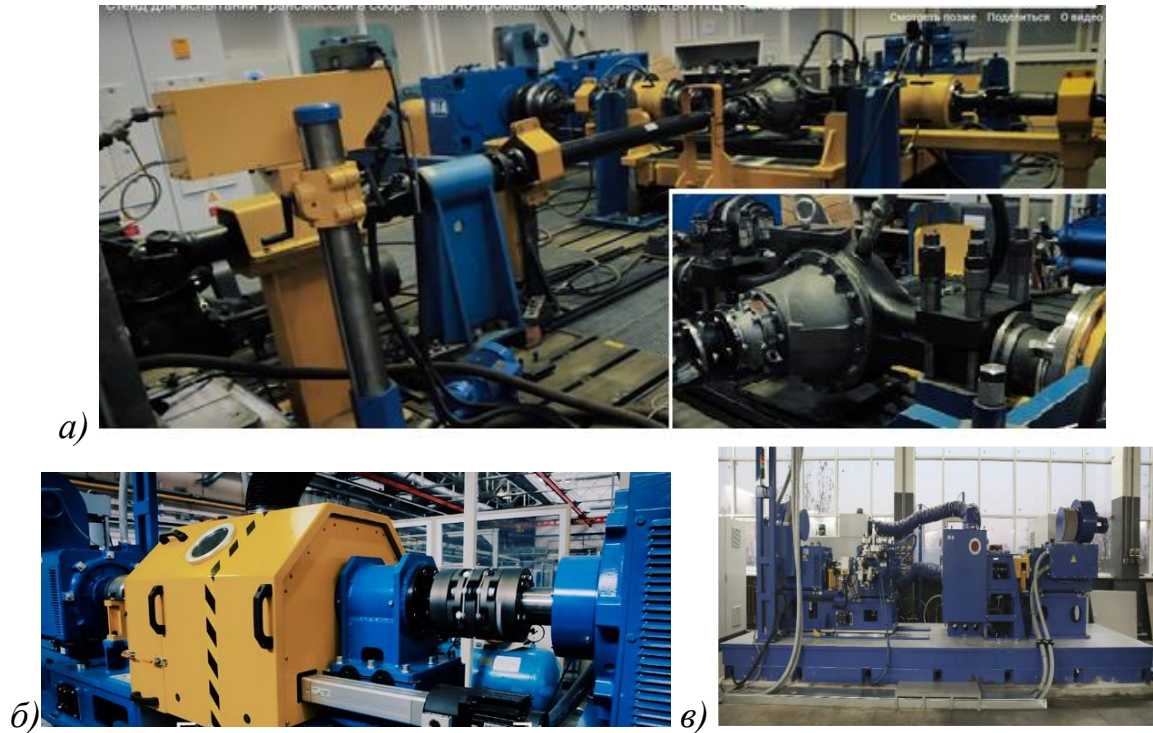
### 3.5 Испытания трансмиссии

Испытания трансмиссии обычно проводятся с помощью стенда с системой управления электромоторами привода и нагрузателя (рисунок 3.12). Исходными данными могут быть результаты моделирования движения и колебаний в трансмиссии [9] или их экспериментальные данные.



в)  
Рисунок 3.12. – Схема управления испытаниями трансмиссии (а, б) и стенд (в)

КАМАЗ испытывает всю трансмиссию в целом (рисунок 3.13), включая сцепление, КПП, мосты в т.ч. тормоза, так и отдельно (например, сцепление [8]). Судя по видео, данное оборудование позволяет задать блоки нагружений трансмиссии. Их можно только в некоторой степени отнести к полунатурным из-за недостаточной степени автоматизации и невозможности задания реального воздействия. Но это все же является шагом в перед.



**Рисунок 3.13. – Стенды КАМАЗ для испытаний трансмиссии (а), сцепления (б, в)**

Полунатурные испытания трансмиссии осуществляются на основе передаваемых крутящих моментах, данных колебательных процессов в ней при совместном моделировании движения, колебаний и управляемости автомобиля [9], либо экспериментальных данных, получаемых в дорожных условиях путем замеров крутящих моментов и усилий в ступице с помощью устройства преобразования MTS SWIFT Evo (рисунок 3.14).



**Рисунок 3.14. – Замеры крутящих моментов, нагрузок на полуоси в дороге с помощью преобразователя MTS SWIFT Evo**

Полунатурные испытания трансмиссии требуют сложного оборудования для реализации нагружения в ней (рисунки 3.15) ввиду различных типов сцеплений, коробок передач: простых механических, роботизированных, автоматических с гидротрансформатором, а также мостов с гипоидными передачами либо бортовыми редукторами.



Рисунок 3.15. – Стенды для испытаний трансмиссии

### 3.7 Испытания подвески

Для испытаний подвески применяется как классический подход нагружения ее компонентов совместно: рессоры с амортизатором (Multi-axial Leaf Spring Tests) на основе ходов (100 мм от положения статического равновесия) либо раздельно (рисунок 3.16), так и с мультинагружением (Multi-axial Hub Coupled Road Simulators) (рисунок 3.17). Последнее представляет собой мультинагружение всего узла подвески комплексом гидропульсаторов с рычажной системой, обеспечивающее нагружение в 6-ти плоскостях (рисунки 3.16, 3.17). Преимуществом является возможность воздействия с частотой до 50 Гц для тяжелых грузовиков, установка актуаторов сверху, (внизу их нет), фиксируется нагрузка на ось или корпусной узел, обеспечение ходов 300 мм для монтируемого образца, коробки передач, ступицы оси.

При этом нагрузки испытывает не только подвеска, но и узлы крепления и рулевое управление. Хода подвески можно замерить, используя емкостные датчики перемещений, а нагрузки, наклеив тензодатчики на узлы крепления или штанги.

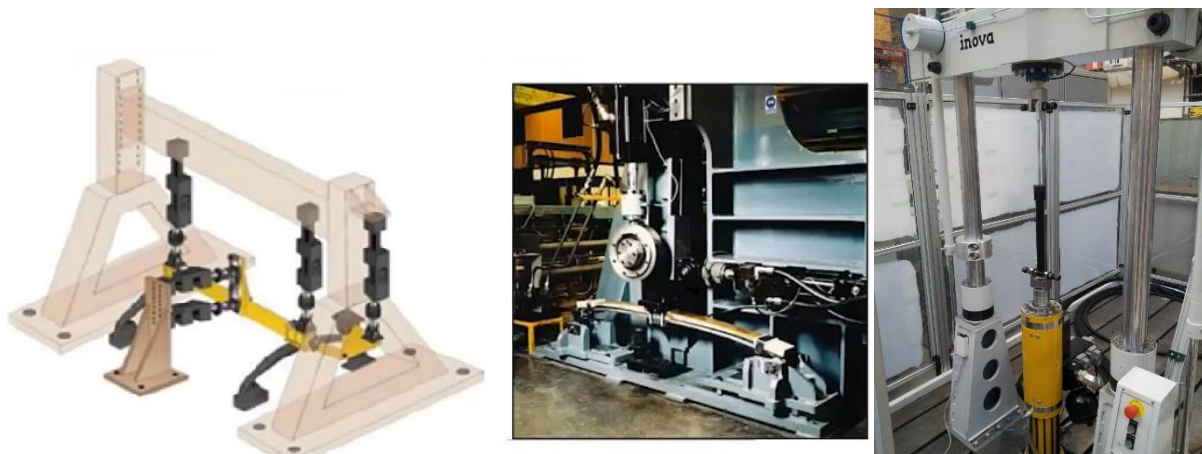
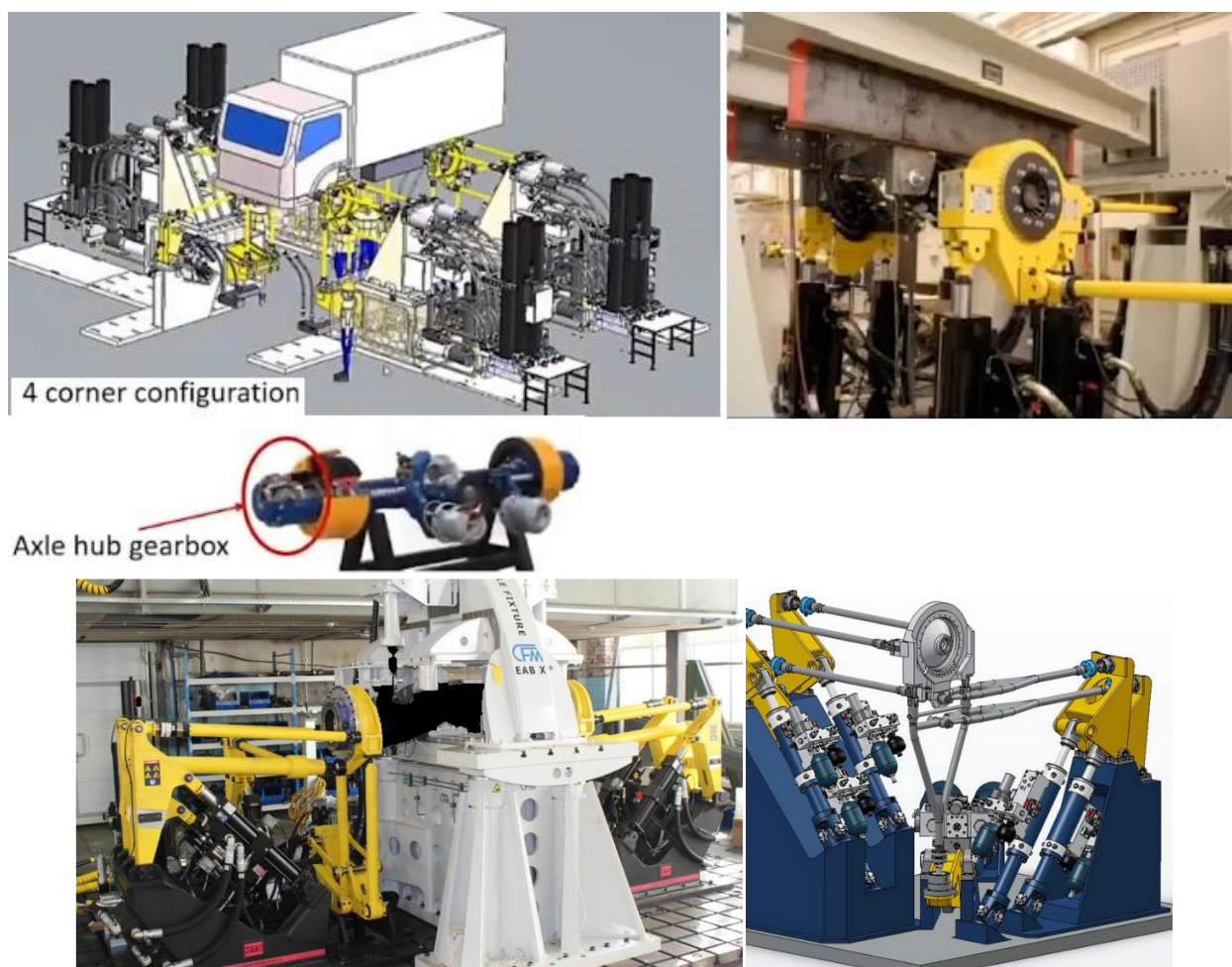


Рисунок 3.16. – Стенды для испытаний подвески: рессор, амортизатора



**Рисунок 3.17. – Стенды для мультинагружения и испытаний всей машины**

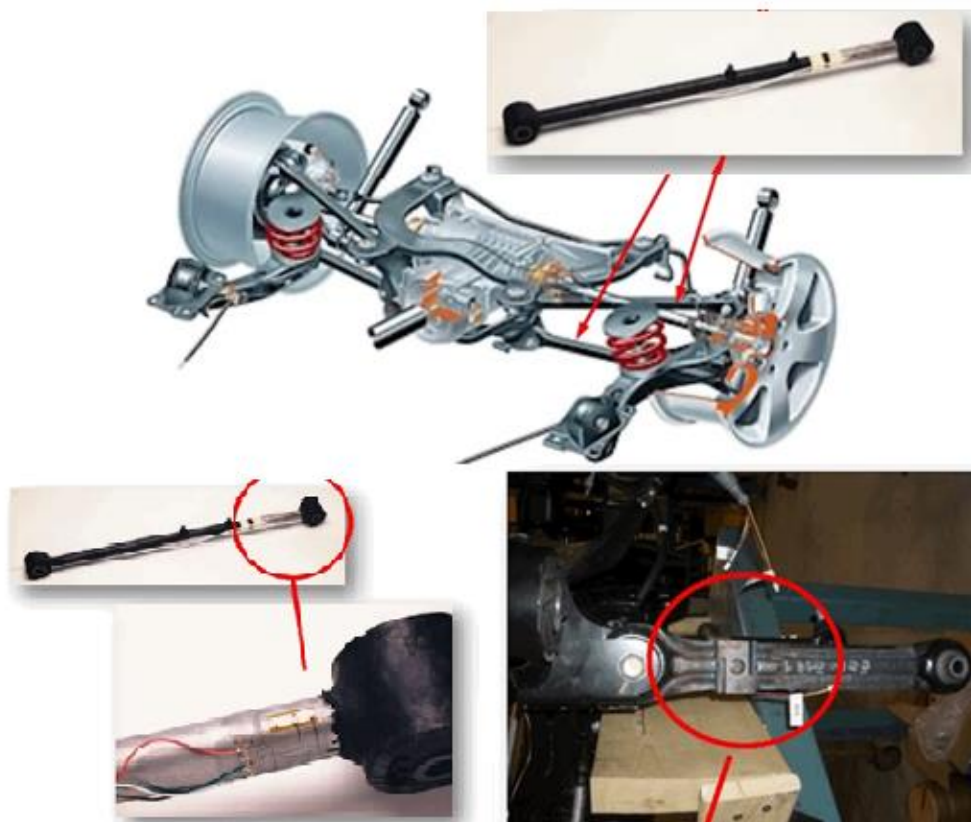
Исходные данные по подвеске можно получить путем моделирования автомобиля (движения и колебаний) [9], так и экспериментально в дороге.

Сложным вопросом является, как оценивать долговечность. Если это механические или корпусные узлы (рессора, рычаги, ее крепление), то целесообразно определить ее хода, протензиметрировать нагрузки и исходя из усталостной кривой рассчитать блоки нагружений методом “дождя” по примеру моста [9]. Сложнее дело обстоит с амортизатором. Его долговечность зависит как от ходов, запыленности, температурного режима, темпа нагружения. Долговечность амортизатора определяется в основном сальником либо падением усилий в амортизаторе. Обычно сравнительные ресурсные испытания проводятся на простых кривошипно-шатунных стендах на режиме: ход 100 мм, частота 100 колебаний в минуту при использовании водяной рубашки. По данным МАЗа 3 млн. циклов примерно соответствуют 30 тыс. км пробега из-за износа сальника, что вызвано низким качеством резины в СНГ. Долговечность импортных амортизаторов с сальниками из фторкаучука ~ 7 млн. циклов, но они теряют сопротивление уже вдвое после 3 млн. циклов, а амортизаторы Барановичского агрегатного завода (поставщика на МАЗ) его не

теряют. Падение усилий связано усталостью дисковых пластинчатых клапанов (более технологичных), чего не наблюдается на пружинных.

Для определения ресурса амортизатора целесообразнее проводить испытания с частотой основной подвески конкретного автомобиля с блоками нагрузений, осуществляя его охлаждение (например, через водяную рубашку). Сложность в определении блоков нагрузений – какие хода отсеивать: износ сальников больше определяется большими ходами, но малые также могут влиять на их долговечность по изгибу его кромок. Форсировать по частоте нельзя, меняется температурный и нагрузочный режим. Работ по этому вопросу нет.

Стенды с мультинагружением позволяют получать данные по нагрузкам на рычаги подвески путем их тензометрирования (рисунок 3.18), а затем проводить их испытания на долговечность отдельно, задействуя метод “дождя”.



**Рисунок 3.18. – Получение исходных данных путем тензометрирования**

В 1983 г. на МАЗе, используя гидропульсаторы Schenck, удалось в течение 3-х недель решить проблему недостаточной долговечности серьгового крепления стабилизаторов поперечной устойчивости самосвала МАЗ-5351. На основании анализа замеров относительных их ходов выделены блоки нагрузений, которые воспроизводились на стенде. И благодаря небольшой свободе их перемещений на оси удалось устранить их изгибные

повреждения и достичь ресурса 150 т. км. Это свидетельствует о важности таких стендовых испытаний, включая узлы подвески.

### 3.8 Испытания рулевого управления

Несколько сложнее обстоит дело с рулевым управлением. Хотя можно путем моделирования на симуляторе определить углы поворота рулевого управления, необходимо также учитывать, что усилия в узлах зависят также и от микропрофиля дороги, ее извилисти, скорости движения. Здесь целесообразнее использовать комбинирование имитационного моделирования в сочетании с установленным автомобилем на стенде с беговыми барабанами [9]. В качестве последних целесообразно использовать задний мост автомобиля с шинами, приводимый в движение пропорционально скорости движения по дороге (рисунки 3.19, 3.20).



Рисунок 3.19. – Предлагаемая схема полунатурных испытаний рулевого управления

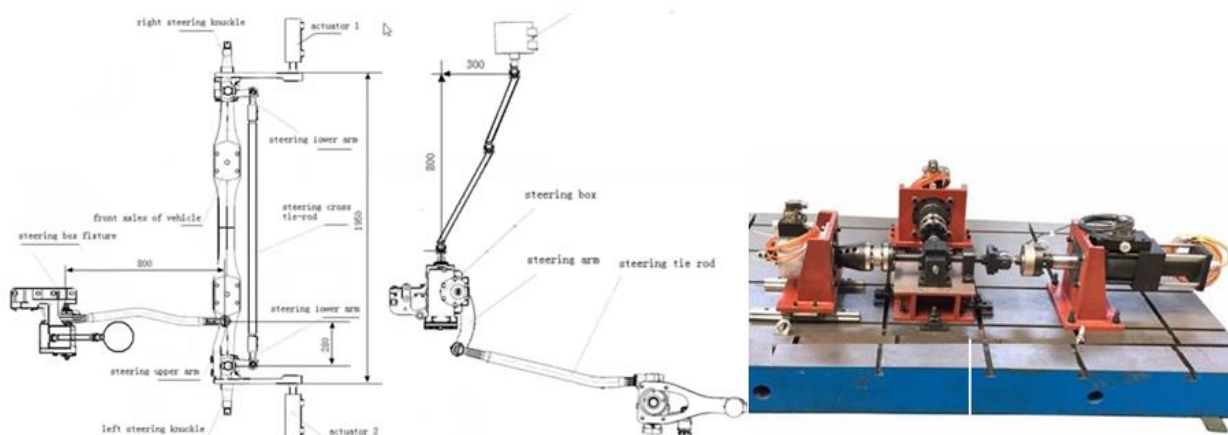


Рисунок 3.20. – Стенд для испытаний рулевого оборудования

Предлагается задействование следующей цепочки: имитатор рулевого управления -> исполнительный механизм на основе электроактуатора, который приводит в действие рулевой механизм -> стенд с беговыми барабанами на базе моста.

В качестве исходных данных целесообразнее использовать экспериментальные данные, полученные в дороге (запись поворота рулевого колеса), на основе которого электроактуатор будет воспроизводить реальные повороты руля, включая подрулевание и поддержание траектории движения при уводах машины либо полученные данные моделирования на симуляторе.

Необходимо использование нагружающих устройств. В этом качестве могут использоваться электроактуаторы, нагрузка которых задается по результатам моделирования [9] либо дорожных испытаний.

### **Обобщение**

Проведение вибрационных испытаний требует использования более корректных колебательных моделей КМ, учета колебаний в трансмиссии, учета воздействия микропрофиля под правым и левым колесом и задержек для других осей [9]. Это легко реализовать, если занести их массив в оперативную память с фиксированным шагом (обычно 0,1– 0,2 м). И в зависимости от перемещения в продольной плоскости легко рассчитать значения промежуточных точек, используя метод интерполяции Catmull Rom по пяти точкам [9]. И подобным образом можно получить скорректированный массив при движении с переменной скоростью, необходимый для вибрационных испытаний КМ при воздействии на шину или ступицы.

Наиболее простым способом является использование плоской площадки под шиной. Более сложным является воздействие через ступицы с использованием динамического преобразователя 6-DoF осевых нагрузок MTS SWIFT Evo (см. рисунок 4.17), который применяется для регистрации в дорожных условиях и отслеживания перемещений и нагрузок в ступице при испытаниях на стенде.

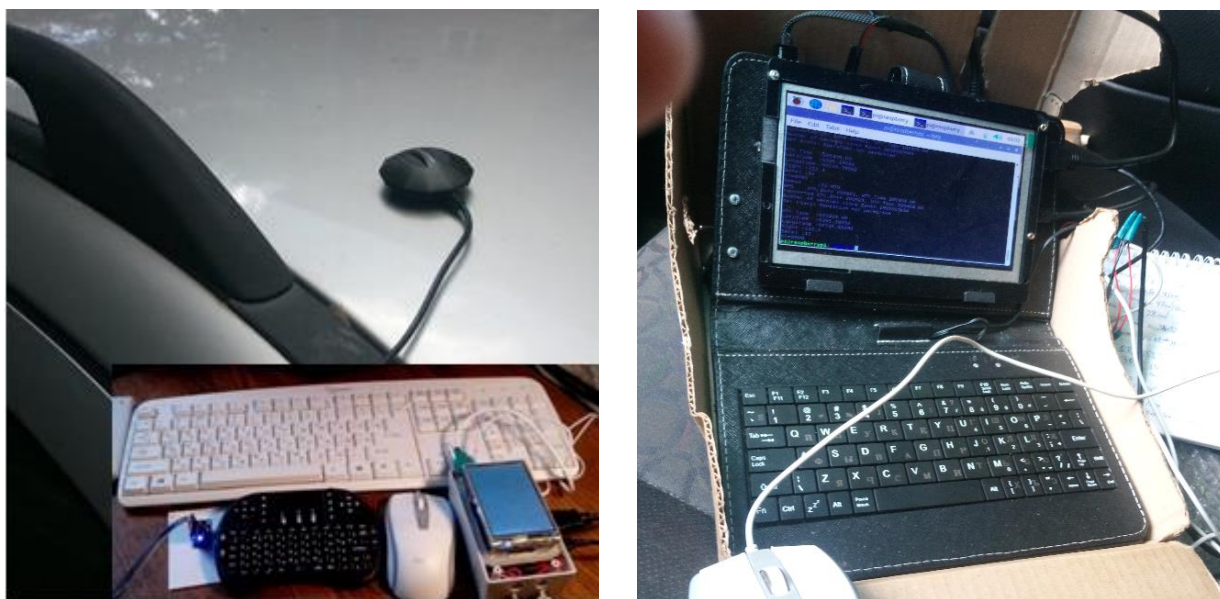
## ГЛАВА 4

### НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛ ИСПЫТАНИЙ

#### 4.1 Применение микропроцессорных и мини-компьютерных систем

**4.1.1** Для проведения экспериментальных исследований и испытаний требуется измерительная техника. Для регистрации параметров этих исследований и испытаний целесообразнее использовать тензоусилительные измерительные станции (например, ZET 017-T8), информация с которых может записываться на флешпамять или ПЭВМ. Последние могут работать, как автономно, так и в паре с ПЭВМ. К ним можно подключить датчики ускорений, тензодатчики и индуктивные датчики перемещений и др. Это профессиональная промышленная аппаратура высокой надежности и точности (погрешность 0,1%). Число каналов регистрации обычно 8–24. Стоимость станции на 8 каналов без датчиков 234 тыс. руб. (в ценах 2018 г.). Однако для обработки данных необходимо приобретать дополнительные устройства, например, анализатор спектра ZET 017-U8 стоимостью 420 тыс. руб (цены 2018 г.). В условиях экономического кризиса многие организации не могут позволить себе приобрести их. В результате мы не проводим необходимых испытаний и имеем неконкурентную продукцию.

В этой ситуации более целесообразным является использование дешевых мини-компьютеров Raspberry Pi 3/4/5 (блок с размером ладони, рисунок 4.1, слева), которые во многих областях начали широко применяться.



**Рисунок 4.1.** – Регистрация макропрофиля дороги с помощью датчика GPS и миникомпьютера Raspberry на основе разработанной программы на C/C++

Стоимость их системных плат составляет соответственно 30 и 36 \$. К ним имеется около полусотни датчиков с погрешностью 0,2–1 % и модулей сопряжения. На базе их можно создать измерительно-регистрирующую аппаратуру, вполне подходящую для проведения многих исследований и испытаний.

## 4.2 Получение макропрофиля дороги с помощью GPS

**4.2.1** Одним из способов получения макропрофиля дороги является применение GPS, предложенный в работе [9]. Преимуществом GPS является то, что он может быть использован помимо получения массивов продольных профилей дорог также и для режимов движения, необходимых для моделирования движения автомобиля, военной техники (ВТ) и оценки их эксплуатационных характеристик на различных дорогах и трассировки полетов БЛА. Программа реализации на C/C++ приведена в приложении Б.

Системы спутниковой навигации, включают наземные станции, передающий модуль на спутниках, приемный модуль (GPS, Glonass и др.) и компьютерную или микропроцессорную технику (рисунок 4.2). Сигнал с модуля GPS подается на последовательный порт GRIО **Raspberry Pi 3/4** и обрабатывается программой. На компьютер с ОС Windows сигнал может быть подан через USB (его эмулярование).

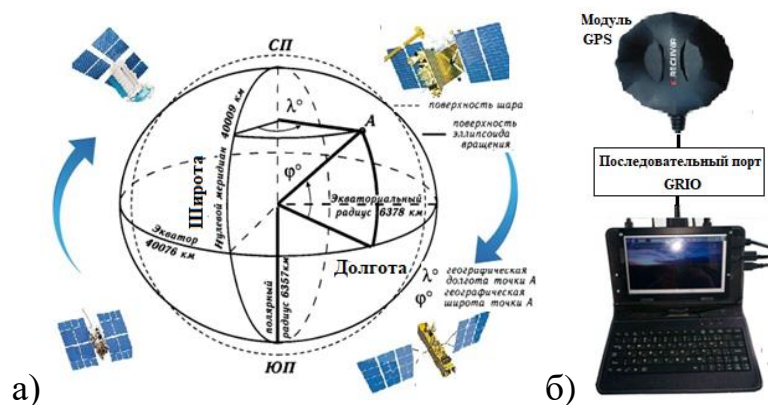
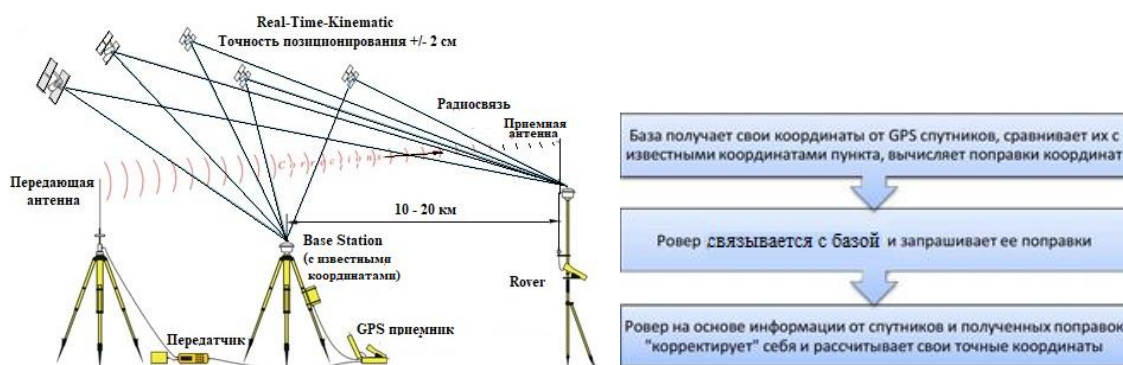


Рисунок 4.2. – Спутниковая система позиционирования и схема Земли (а), модуль GPS GN-803G, laptop на базе Raspberry Pi 3 б)

Сейчас уже имеются геодезические приемные модули с системой дифференциальной коррекции от базовых станций (рисунок 2.8), обеспечивающие измерения с погрешностью от несколько до десяти сантиметров, но они пока дорогие (~ 3000–17000 \$ (Leica GS)).



**Рисунок 4.3. – Принцип измерения спутниковыми приемниками трехмерного вектора**

Высокая точность геодезического ГНСС оборудования достигается за счет базовой наземной станции, координаты которой заранее определены с очень высокой точностью и за счет выполнения процедур корректуры, приведенных на рисунке 4.3. Недостатком является необходимость стоять на месте замера (от часа до нескольких десятков секунд). В новых моделях время может быть меньше.

Для замеров профилей дорог целесообразно использование более дешевых модулей класса UBOX-M8N–UBOX-M10N (стоимостью ~20 \$), которые обеспечивают погрешность в движении 1–2 м, у смартфонов (7–15 м) [9]. Представляет интерес для этих целей использование GPS с помощью приемного модуля GPS (GN-803G) ввиду его приемлемой точности (1–2 м) путем регистрации параметров движущегося автомобиля.

Однако получаемые данные со спутников требуют преобразования в метры, поскольку информация с них выдается в виде сообщений местоположения в градусах широты и долготы, а скорость в виде миль/с. И только высота выдается в метрах. Проблемным моментом является определение пройденного пути: он должен быть рассчитан исходя из других параметров GPS. Эта задача решена в навигационных приборах, но непонятна специалистам других областей. Кроме того, необходимо привести данные к постоянному шагу из-за переменной скорости движения. Также необходимо учитывать различие систем отсчета: за рубежом базовыми осями широты считается меридиан Лондона (по Гринвичу), а долготы – Экватор и центр Земли в WGS84 (GPS). В СНГ базовым для широты считается Пулковский меридиан. Для пересчета в метры за рубежом используются упрощенные зависимости, более подходящие для Европы, а в СНГ более сложные согласно ГОСТ 32453-2017. И при преобразовании получаются различные данные.

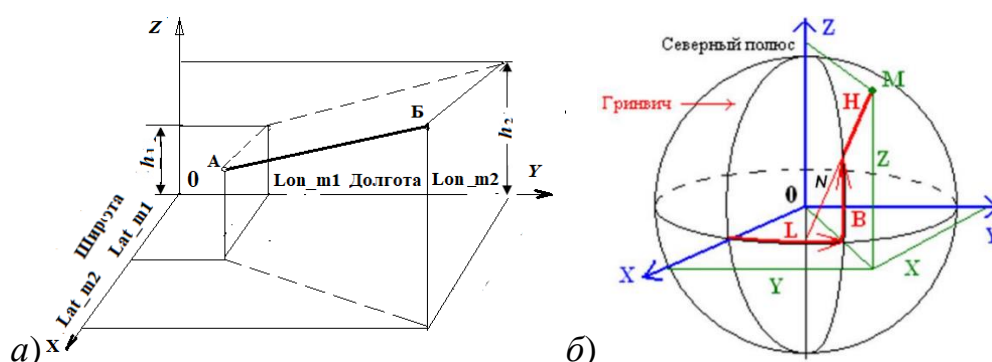
Недостаточно освещенным вопросом для специалистов, не связанных с GPS, является как все это практически реализовать и какой метод целесообразнее использовать для преобразования данных, чтобы точнее

рассчитать пройденный путь, местоположение транспортного средства в метрах. Должна быть привязка высоты профиля к пути, а не по времени, учитывая движение автомобиля с переменной скоростью по различным дорогам, имеющих сложную траекторию.

Как показала проработка вопроса: пройденной путь можно получить с помощью GPS двумя способами:

– путем определения разности двух точек проекций позиционирования и их суммирования (рисунок 4.4).

– путем квантования скорости в единицу времени (частоты опроса GPS  $f$  в Гц), эквивалентную пройденному пути ( $\Delta l = v \cdot f$ ) и их последующего суммирования.



**Рисунок 4.4. – Схема определения пути по двум точкам позиционирования (а) и геоцентрические координаты (б)**

Величина пройденного пути между двумя точками с учетом высот равняется

$$\Delta l = \sqrt{(\text{lon\_m2} - \text{lon\_m1})^2 + (\text{lat\_m2} - \text{lat\_m1})^2 + (h2 - h1)^2},$$

где  $\text{lon\_m1}$ ,  $\text{lon\_m2}$  – проекции координат долготы,  $\text{lat\_m1}$ ,  $\text{lat\_m2}$  – проекции координат широты,  $h1$ ,  $h2$  – высоты этих точек в метрах.

Для перехода от геодезических координат к геоцентрическим (рисунок 2.7) используются следующие формулы ГОСТ 32453-2017 (п.5.1.1):

$$\begin{aligned} x &= (N+H) \cdot \cos B \cdot \cos L, \\ y &= (N+H) \cdot \cos B \cdot \sin L, \\ z &= (N+H - e^2 \cdot N) \cdot \sin B, \end{aligned}$$

Здесь  $L$  – долгота,  $B$  – широта в радианах,  $H$  – высота в м,  $N$  — так называемый радиус кривизны первого вертикала:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 B}},$$

где:  $e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}$  – эксцентриситет эллипсоида Земли,  $a = 6378137.0$  м,  $b = 6356752.3142$  м – радиусы эллипсоида.

Для получения более точных плоских прямоугольных координат в принятой на территории СНГ проекции Гаусса-Крюгера и карт СК-42, СЛ-95 используют геодезические координаты на эллипсоиде Красовского, рассчитываемые по сложным формулам ГОСТ 32453-2017 (п.5.4.1).

С помощью смартфона и бесплатной программы «AndroSensor» можно получить ускорения, угловые скорости (по трем осям), долгота, широта и скорость движения автомобиля и его крены в зависимости по времени. Для преобразования данных в MS Excel и MatLab можно использовать упрощенные формулы ( $x = 62547,1826$ ,  $y = 110595,543$  м), применимые для московской области.

Однако работ по получению с помощью GPS продольного профиля дорог в открытых источниках нет, как рассмотрения решения их реализации.

#### 4.2.2 Передаваемая информация со спутника

Информация со спутника системы GPS передается в виде GGA, GLL, GSA, GSV, VTG, RMC, ZDA, GNS сообщений согласно стандарту NMEA-0183 в текстовой форме ASCII с полями, разделенными запятой (,). Например:

```
$GPVTG,333.93,T,,M,0.343,N,0.635,K,A30
$GPGGA,043025.00,3510.97111,S,13512.82950,E,1,11,0.79,37.5,M,-
4.4,M,,6D
```

```
$GPGSA,A,3,26,03,04,02,06,30,08,07,09,27,16,,1.35,0.79,1.10,0B
```

```
$GPGSV,3,1,12,02,06,248,22,03,19,018,31,04,52,098,44,05,00,215,73
```

Сообщения по протоколу NMEA-0183 содержат следующую информацию:

- GGA — данные местоположения объекта;
- GLL — географические координаты широта/долгота;
- GNS — данные местоположения GNSS;
- GSA — геометрический фактор ухудшения точности и активные спутники;
- GSV — видимые спутники;

- RMC — минимальный рекомендованный набор данных;
- VTG — скорость и курс относительно Земли;
- ZDA — время и дата.

Каждая строка сообщений начинается с символа '\$'. Следующие два знака определяют идентификатор, указывающий на спутник – источник сообщения. Например, сообщения от GPS- начинаются с GP, от ГЛОНАСС – GL, от Галилео – GA, от BeiDou – GB\*, от других GNSS - GN. Следующие три знака определяют вид и содержание сообщения.

**Примечание.** Модуль **GPS GN-803G** может работать одновременно с GPS и Glonass.

Для задач исследования движения автомобиля необходимо использовать сообщения GGA (таблица 4.1) и RMC (таблица 4.2), которые дополняют друг друга. В RMC отсутствуют данные о высоте над уровнем моря, а в GGA нет данных по скорости и направлению.

Таблица 4.1. – Формат данных сообщений GGA

Имя	Пример	Размерность	Описание
1	2	3	4
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm (degrees & min)
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table 1-4
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	Meters	
Units	M	Meters	
Geoid Separat		meters	
Units	M	meters	

Таблица 4.2. – Структура сообщения RMC

Поле N	Имя	Размерность Unit	Формат	Образец	Описание
1	xxRMC	-	string	\$GPRMC	RMC Message ID (xx = current Talker ID, see NMEA Talker IDs table)
2	time	-	hhmmss.ss	083559.00	UTC time. See the section UTC representation in the Integration manual for details.
3	lat	-	ddmm mmmm	4717.11437	Data validity status, see position fix flags description

## Продолжение таблицы 4.2

1		2	3	4	5
4	NS	-	character	N	North/South indicator
5	lon	-	ddmm mmmm	00833.91522	Longitude (degrees and minutes), see format description
6	EW	-	character	E	East/West indicator
7	spd	kno ts	numeric	0.004	Speed over ground
8	cog	deg	numeric	77.52	Course over ground

Пример. \$GPRMC, 083559.00, A, 4717.11437, N, 00833.91522, E, 0.004, 77.52, 091202,, A,V\*57.

Алгоритм получения данных заключается в считывании и идентификации строки, затем считывании с нее полей данных, контролируемых по счетчику.

### 4.2.3 Подключение модуля GPS GN-803G к Raspberry Pi 3/4

Для мини-компьютера Raspberry более целесообразным по быстродействию является подключения GPS-модуля через интерфейс GPIO по сравнению с USB. Хотя при низких частотах квантования (1 Гц) это разница практически незаметна. На рисунке 4.5 приведена схема подключения модуля GN-803G к Raspberry 3/4. Для подключения GPS-модуля к мини-компьютеру, необходимо соединить:

GPS модуль	Raspberry P 3/4
VCC	3.3V (пин 1)
RX	TXD/GPIO 14 (пин 8)
TX	RXD/GPIO 15 (пин 10)
GND	Ground (пин 6)

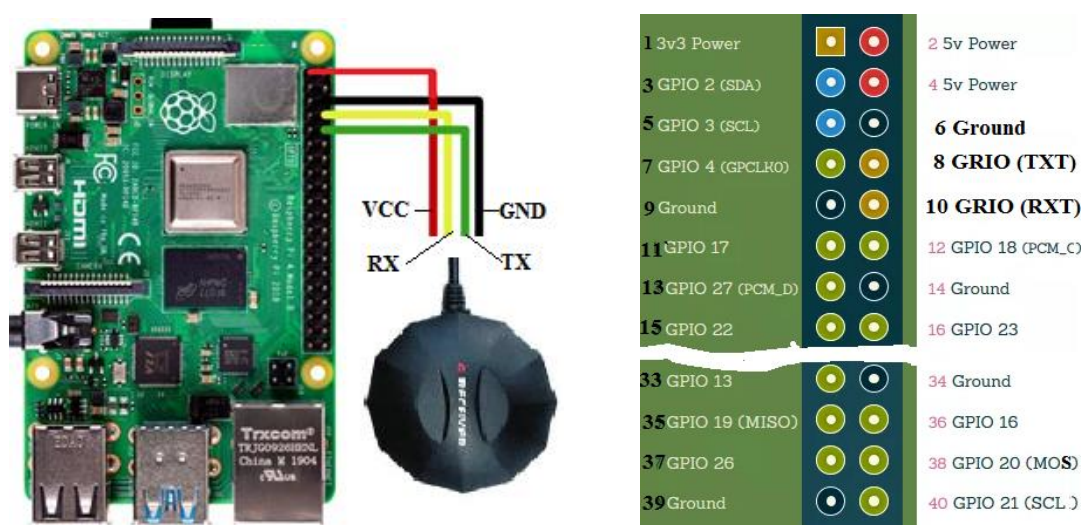


Рисунок 4.5. – Схема подключения модуля GN-803N к Raspberry P 3/4

#### *4.2.4 Метод определения пройденного пути, продольного профиля дороги, его высоты и режима движения автомобиля по параметру скорости*

Разработанный в работе автора [9] метод определения пройденного расстояния, продольного профиля дороги, его высоты и режима движения автомобиля, базируется на регистрации параметров скорости и высоты движущегося объекта по дороге, получаемых с модуля GPS и последующих их математических преобразований. Использовано соответствие параметра скорости ( $v$ ) пройденному пути ( $\Delta l = v \cdot f$ ) в единицу времени с учетом частоты квантования данных (в данном случае  $f=1$  Гц, соответствующему шагу в 1 сек.) и суммировании их значений ввиду более высокой точности этого параметра (0,05 м/с).

**Примечание.** Значение скорости перемещения объекта в GPS выдается в виде миль/с. Для перевода в м/с это значение необходимо умножать на 0,5144.

#### *4.2.5 Программа считывания и обработки данных*

В работе [9] приведена программа на C++ для считывания и расчета текущего положения в метрах, сведения данных в единую бинарную структуру данных и записи из нее требуемой информации в файл на карту памяти для последующей обработки в Matlab/Simulink.

#### *4.2.6 Приведение полученных данных к фиксированному шагу*

Замеры макро и микропрофиля дороги обычно осуществляются на автомобиле, движущемся с переменной скоростью, т.к. сложно в условиях дорожного движения обеспечить постоянную скорость. Из-за этого шаг квантования по длине получается также переменным. Для приведения полученных данных к постоянному шагу в работе использовалась коррекция данных с помощью полинома Лагранжа 2-го порядка по трем точкам [9] (погрешность 0,5 %).

$$y = L_2(x) = \left( \frac{(x - x_1) \cdot (x - x_2)}{(x_0 - x_1) \cdot (x_0 - x_2)} \right) \cdot y_0 + \left( \frac{(x - x_0) \cdot (x - x_2)}{(x_1 - x_0) \cdot (x_1 - x_2)} \right) \cdot y_1 + \left( \frac{(x - x_0) \cdot (x - x_1)}{(x_2 - x_0) \cdot (x_2 - x_1)} \right) \cdot y_2;$$

где  $x$  – рассчитываемое значение пути в м,  $x_0$  – значение пути на один шаг меньше,

$x_1$  – значение пути на один шаг больше,  $y$  – рассчитываемое значение пути в

м,  $y_0$  – значение пути на один шаг меньше,  $y_1$  – значение пути на один шаг больше.

В дальнейшем при последующем их использовании и моделировании автомобиля на основе уже скорректированного массива данных применялся метод интерполяции CatMull-Rom, описанный в [9] по 5-м точкам при фиксированном шаге. Фрагмент программы на C/C++ приведен ниже.

```
n=u/x/ts;
t=u-n;
t2=t*t;
t3=t*t*t;
P0=rd[n-1][1];
P1=rd[n][1];
P2=rd[n+1][1];
P3=rd[n+2][1];
```

$$h = 0.5 * ((2*P1) + (-P0 + P2) * t + (2*P0 - 5*P1 + 4*P2 - P3) * t^2 + (-P0 + 3*P1 - 3*P2 + P3) * t^3),$$

где  $x$  – текущее значение пути,  $n$  – целостное значение от деления  $x/ts$ ,  $u$  – десятичное значение от деления  $x/ts$ ,  $ts$  – шаг квантования массива (5 м),  $t$ ,  $t^2$ ,  $t^3$  – множители,  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  – полиномы CatMull-Rom,  $rd[]$ ,  $h$  – массив высот продольного профиля дороги.

### 4.3 Оборудование для проведения испытаний

Для проведения полунатурных испытаний целесообразно использовать стенды фирмы MTS, как наиболее эффективные на данный период времени.

В таблице 4.1 приведены некоторые модели стендов, а на рисунке 4.6 показаны различные виды испытаний автомобиля осуществляемых на них. Ниже и в разделе 5 использована информации с сайта MTS [20–42] в т.ч. видео.

Таблица 4.1. – Модели стендов MTS для испытаний автомобиля в комплексе

Наименование модели на английском	Наименование модели на русском
1	2
Model 320 Tire-coupled Road Simulator	Модель 320, с воздействием через шину с симулятор дороги
Model 329 Spindle-Coupled Road Simulators	Модель 329, симулятор дорожного воздействия через шпindel колеса
Kinematic & Compliance (K&C) Deflection Measurement Systems	Системы измерения отклонения кинематического соответствия
Dynamic Kinematic and Compliance	Соблюдение динамики и кинематики (K&C)

## Продолжение таблицы 4.1

1	2
Flat-Trac Dynamometer	Динамометр дорожного трека
Flat-Trac Comfort Roadways	Плоское воздействие дороги для оценки комфорта
Flat-Trac Handling Roadway	Плоское воздействие дороги для получения и обработки данных
Flat-Trac Rolling Road	Плоская площадка движущейся ленты дороги

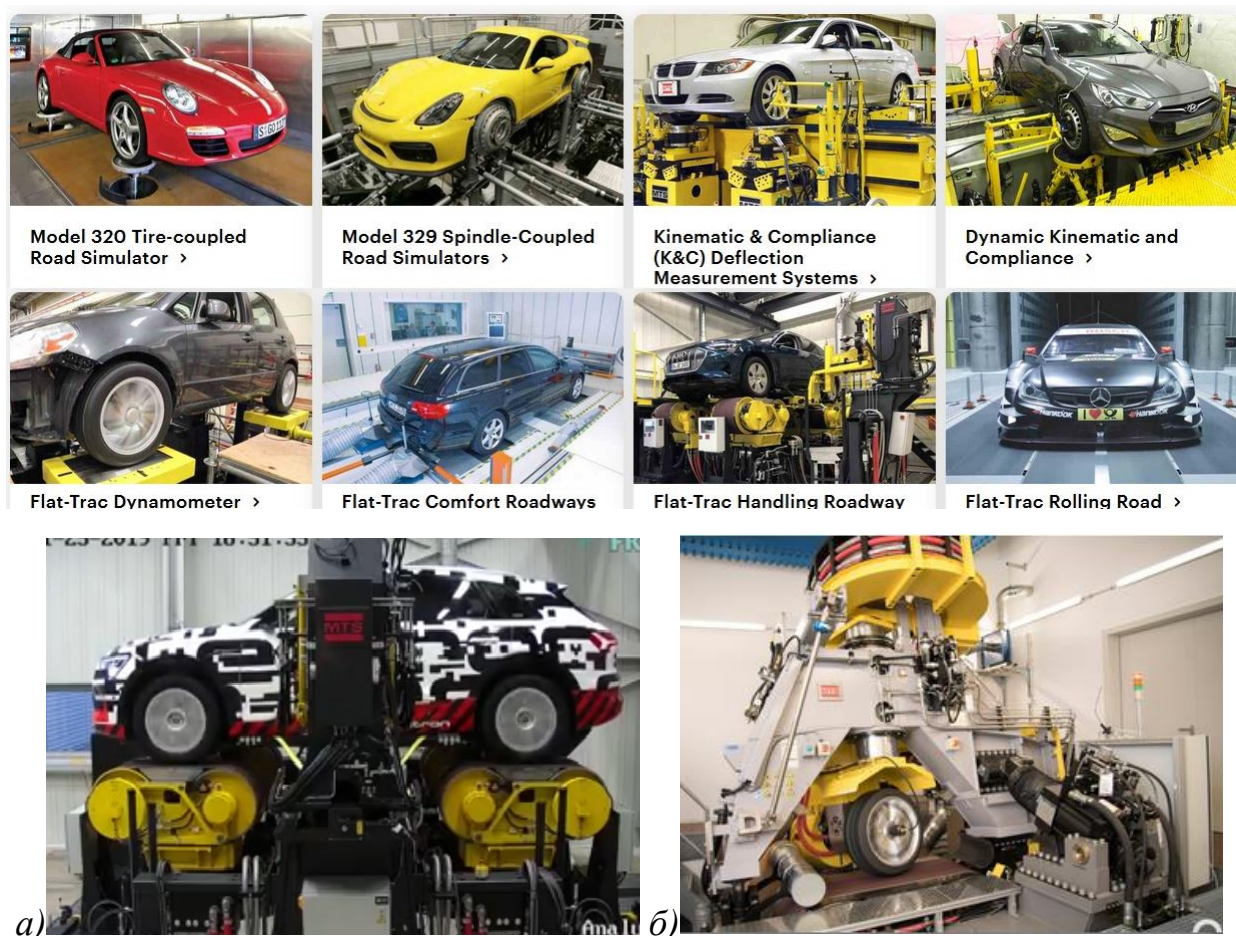


Рисунок 4.6. – Испытательные стенды MTS (а) и Kokusai (б)

Для испытаний шин (получения их характеристик, износа протектора) помимо [41] также применяется оборудование японской фирмы Kokusai, Ltd [42], обеспечивающее существенного снижения потребляемой мощности в процессе испытаний.

Особое внимание уделяется исследованиям шины и кинематики подвески, их настройки. Стенды позволяют симитировать движение по дороге с помощью движущейся ленты. Причем программно можно менять параметры движения за счет гидромоторов. К сожалению, у нас в СНГ таких стендов и

исследований нет, как и нет возможности создать более совершенные модели шин и подвески.

Для имитации дорожного воздействия через ступицу, используется оборудование 329HT-MP, показанное на рисунке 4.7. Это оборудование применяется при вибрационных и ресурсных испытаниях автомобилей и КМ.

### HT Multi-axial Hub Coupled Road Simulators- 329HT-MP

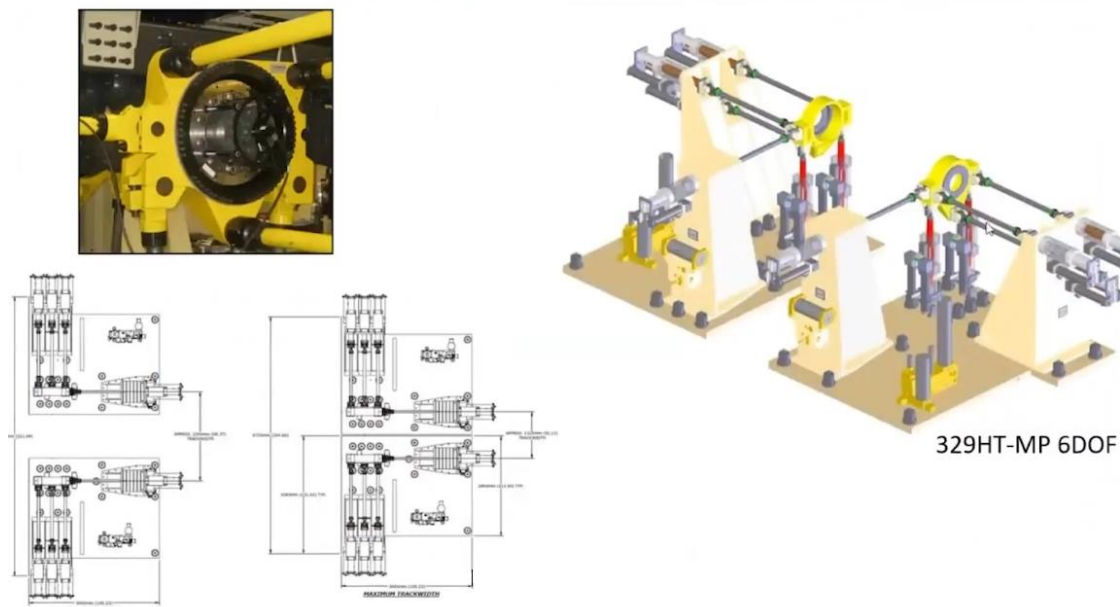


Рисунок 4.7. – Воздействие через ступицы от дороги

Для испытаний кабин на долговечность используются следующие конструкции стендов/площадок (рисунок 4.8).

#### Стенд для испытаний кабины на долговечность

5 степеней движения DoF на движущей раме, моделирующей пол кабины в точках установки подвески

Часть рамы ТС или фиксирующих креплений подвески кабины

Воспроизводит от PG, записанные реальные данные

Удаляет неразрушающее воздействие

Леко измерить параметры

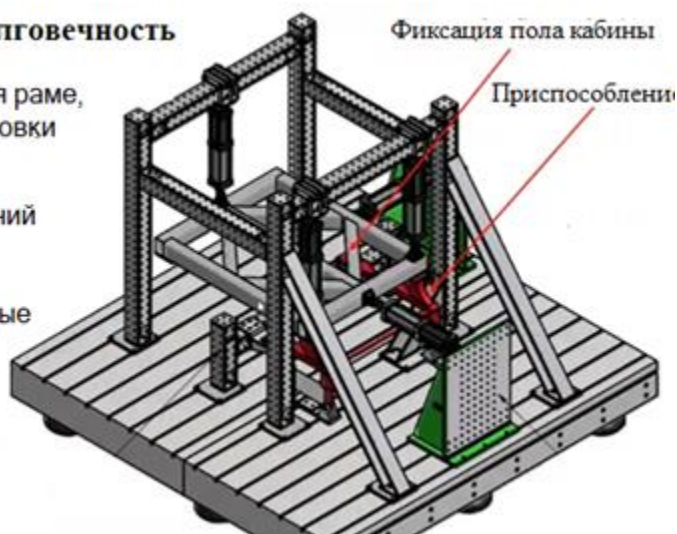


Рисунок 4.8. – Конструкция стенда для испытаний кабин на долговечность

Для вибрационных испытаний двигателя, его систем охлаждения, выхлопной системы на долговечность используются следующие конструкции (рисунки 4.9. 4.10).

### Модель 323HD MAST

Размер стола: 2.5 м x 2 м  
 Полезная нагрузка до 1,6 тонн  
 Частота воздействия до 50 Гц  
 Перемещение во всех осях до 150-мм  
 угловое перемещение на +/- 6°  
 5-g вертикальное ускорение  
 Крутящий момент 30kNm при +/-15°



kilograms six degrees of freedom to 50 Hz

Рисунок 4.9. – Вибрационные испытания двигателя, его системы охлаждения

### MAST – Выхлопная система

- Испытания выхлопных систем автомобилей
- Воздействие в точках рамы
- Симулятор вибраций двигателя 353.10
- Возмущение до 500 Гц



simulate the overall fatigue damage environment

Рисунок 4.10. – Вибрационные испытания выхлопной системы двигателя

На рисунке 4.11 представлена конструкция вибрационной площадки для испытаний двигателя в сборе с его системами.

### Преимущества MAST для испытаний силового узла

#### Преимущества

Воспроизводит имитационные одновременные нагрузки на компоненты

Обеспечивает воздействие по частотному спектру на изделие  
по резонансу  
по силовому воздействию

Хорошая оценка долговечности и работоспособности подсистем

наглядное представление как это функционирует

оценивается система монтажа

Профиль вибрационных испытаний может использоваться даже, если система перепроектирована и перемонтирована

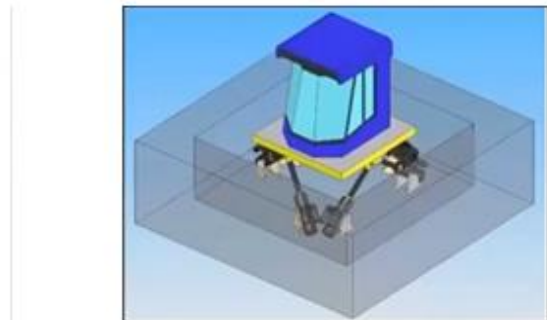


Рисунок 4.11. – Конструкция вибрационной площадки для испытаний двигателя с его системами

Для тяжелых грузовых автомобилей используется оборудование серии 353 MAST (рисунок 4.12).

### 353 MAST - Тяжелых изделий

- до 3 т
- Ускорения 10-12 g
- Воздействие 100 Hz





**Рисунок 4.12. – Оборудование для испытаний тяжелых грузовых автомобилей**

На рисунке 4.13 представлено оборудование для испытаний для испытаний автопоездов и полуприцепов.





Рисунок 4.13. – Оборудование для испытаний автопоездов и полуприцепов

#### 4.4 Конструкция исполнительных устройств

В качестве силовых устройств стендов MTS используются гидропульсаторы (рисунок 4.14).

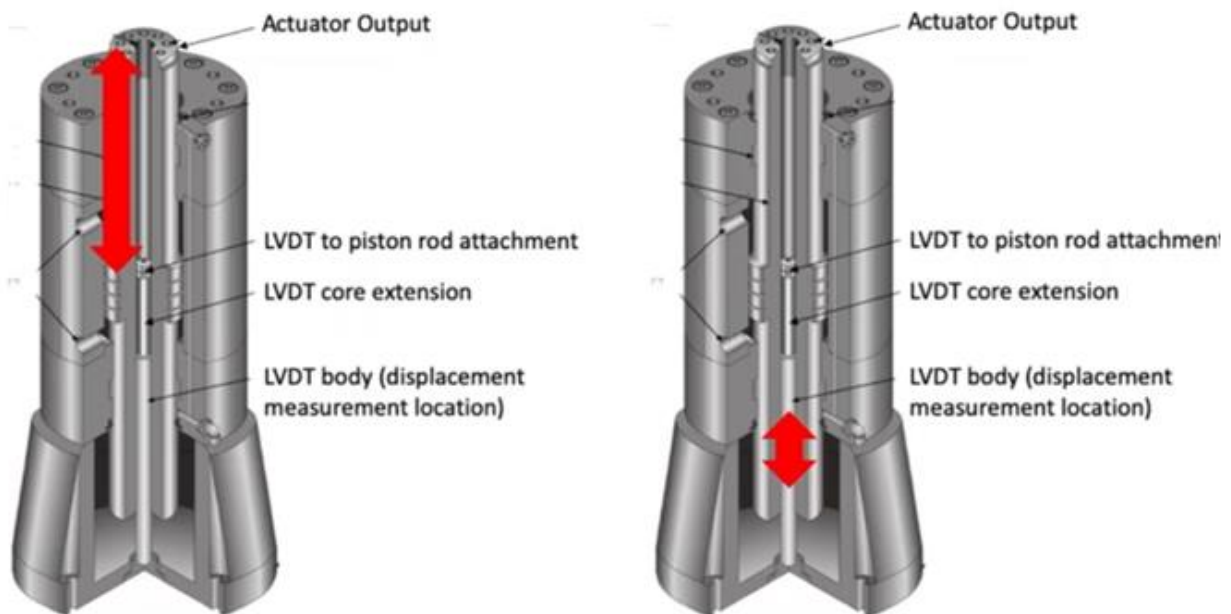


Рисунок 4.14. – Конструкция гидропульсатора

Точность LVDT при позиционировании штока пульсатора 1%.

Источники ошибок: тепловой эффект на шток от тепла масла при превышении температуры 50°C.

– воздействие возбуждения для исключения касания штока о стенки цилиндра.

На рисунке 4.15 приведены используемые датчики, отслеживающие процесс воспроизведения ускорений, перемещений, усилий/нагрузок.

### Общая точность устройств преобразования

Датчик нагрузки  $\pm 0.5\%$  полного масштаба для любого калиброванного диапазона

LVDТ (перемещение)  $\pm 1.0\%$  от полного масштаба для любого калиброванного диапазона

Пьезоэлектрический элемент нагрузки  $\pm 0.5\%$  от полного масштаба (10 000 Н макс.)

Акселерометр  $\pm 1.5\%$  диапазона ( $+500G$ ) при 5-1000 Гц



Accelerometer  
(force transducer)



Pressure Cell  
(force transducer)



Piezoelectric Load Washer  
(force transducer)



Load Cell  
(force transducer)



Microphone  
(air pressure transducer)

Рисунок 4.15. – Используемые датчики

Датчик усилий обеспечивает следующие параметры (рисунок 4.16).

Точность усилий - 0,5%

Статическая ошибка 0,05%

Нелинейность 0,05%

Выход симметричности:  $\pm 0.1\%$

Гистерезис: 0,03%

Невоспроизводимость: 0,02%

Чувствительность к температуре: 0,0008% / °F

Ошибка из-за эксцентричности нагружения: 0,1%

Погрешность балансировки нуля:  $\pm 1\%$

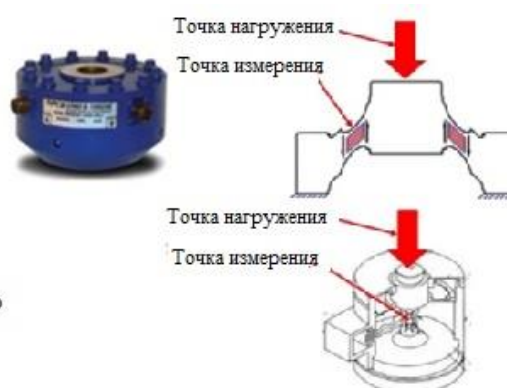


Рисунок 4.16. – Параметры, обеспечиваемые датчиком усилий

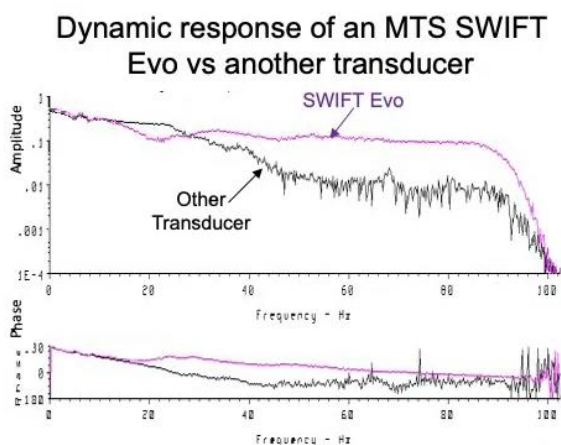
Измерения, сделанные датчиком нагрузок при неидеальном их местоприложении, должны быть преобразованы или скорректированы. Внесены поправочные коэффициенты по величине, частоте, фазе.

Для замеров нагрузок (усилий, моментов) на оси (ступицы) автомобиля фирма MTS предлагает преобразователь MTS SWIFT Evo (рисунок 4.17),

Он обеспечивает диапазон до 100 Гц во то время как у других фирм только до 20 Гц (рисунок 4.18). Это устройство одновременно используется при проведении стендовых испытаний автомобиля для управления и отслеживания воздействия на ступицы (рисунок 4.19).



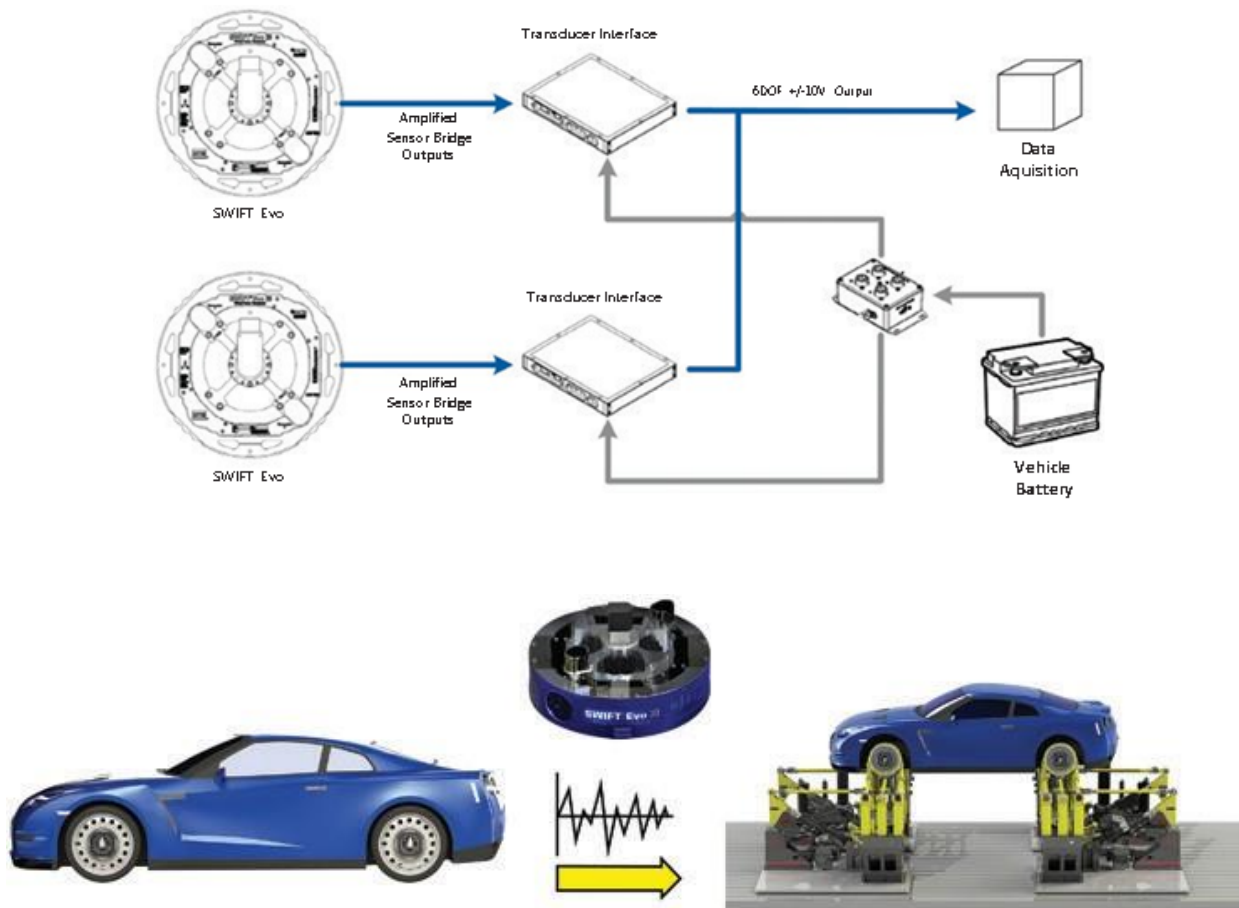
**Рисунок 4.17. – Конструкция динамического преобразователя 6-DoF осевых нагрузок MTS SWIFT Evo**



**MTS SWIFT Evo Wheel Force Transducer**

**Рисунок 4.18 – Динамический преобразователь нагрузок MTS SWIFT Evo**

Схема передачи информации в динамическом преобразователе нагрузок MTS SWIFT Evo приведена на рисунке 4.19, а на рисунке 4.20 стенд с воздействием на ступицы через MTS SWIFT Evo.



**Рисунок 4.19. – Схема передачи информации в динамическом преобразователе нагрузок MTS SWIFT**

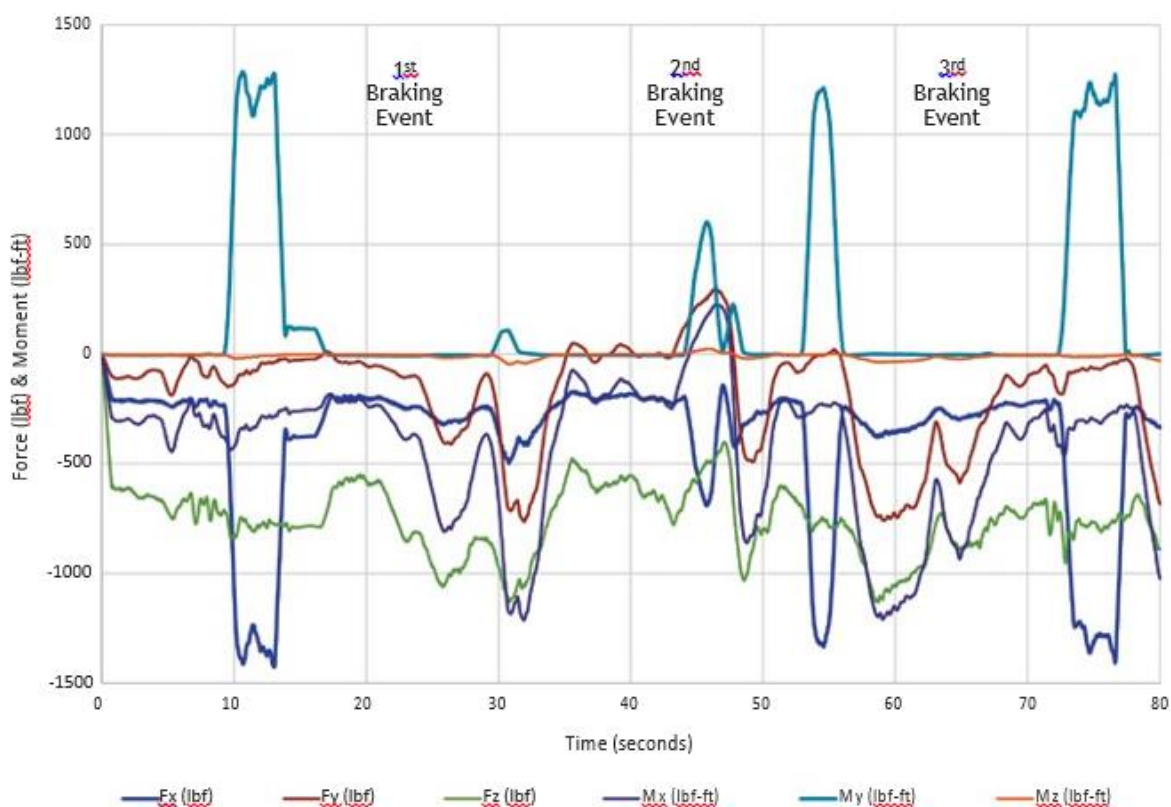


**Рисунок 4.20. – Реализация многоосевого воздействия на ступицы на стенде через многорычажную систему с контролем нагрузок с помощью MTS SWIFT Evo**

Преобразователь работает внутри себя по сети CAN2.0A / формат CAN2.0B. На выходе выдает аналоговые сигналы высокого уровня с низким уровнем шума, подходящими для ввода в многоканальные системы сбора данных.

Процессом измерения в преобразователе SWIFT Evo занимается система Evo TI (Transducer Interface). Она преобразует измеренные данные по колесу к истинному шпинделю загрузки в режиме реального времени, поддерживая точность измеренных нагрузок и предотвращает искажения фазы, что важно для NVH или исследований характеристик шин.

Примером иллюстрации, полученных данных при торможении, является рисунок 4.21.



**Рисунок 4.21. – Получаемые данные при торможении в тяжелых условиях**

При проведении полунатурных испытаний необходимо учитывать неопределенности, связанные с инерционной компенсацией, поскольку конструкция самого автомобиля и стенда не обладает абсолютной жесткостью и необходимо учитывать инерционные силы. Для чего рассмотрим случай измерения силы в контакте шины с площадкой (рисунок 4.22).

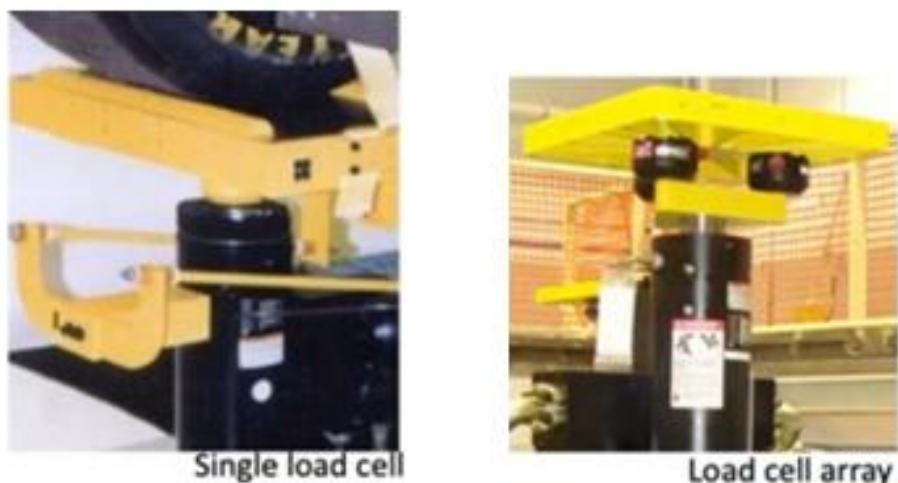


Рисунок 4.22. – Измерение силы в контакте шины с площадкой

Усилие гидропульсатора помимо испытуемого экземпляра затрачивается на инерционную составляющую площадки ( $M \cdot A$ ) и усилие сжатия шины  $F_{\text{шин}} = f(\Delta l) + F_{\text{шин}} = f(\dot{\Delta})$ . Поэтому MTS предлагает процедуры компенсации особенно инерционной составляющей за счет добавления  $M \cdot A$  (рисунок 4.23) ввиду того, что ускорение не совпадает по фазе  $180^\circ$  от перемещения и прикладываемого усилия. Для компенсации используются специальные контроллеры (модели компенсаторов 793.05/.06/.07/.08).

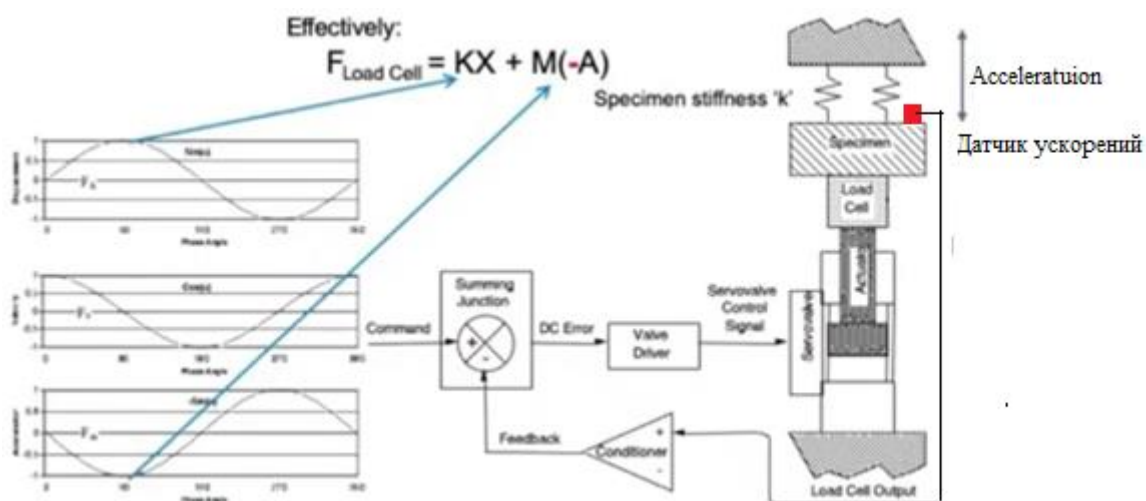
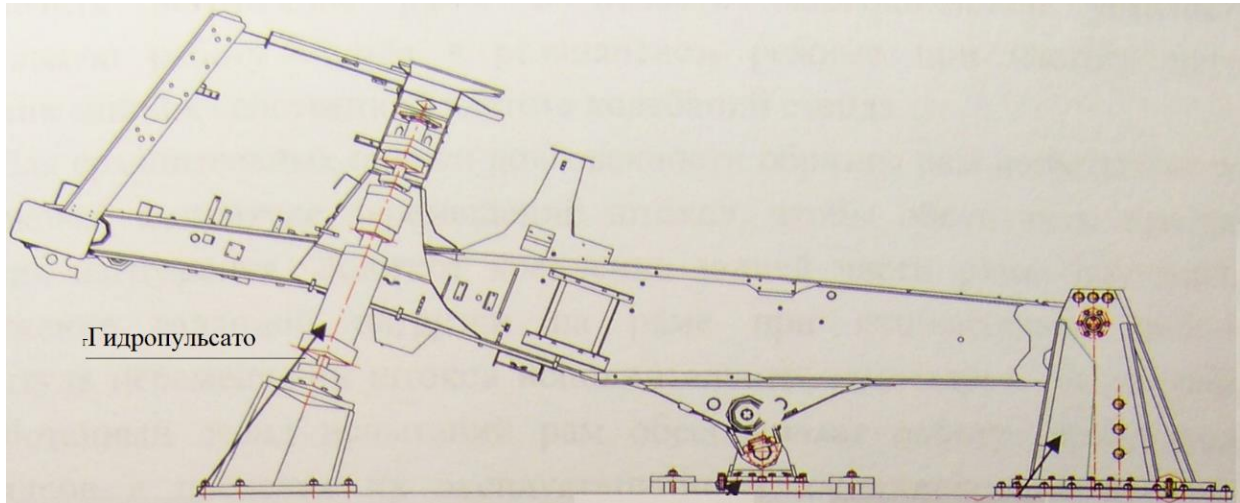


Рисунок 4.22 – Компенсация инерционной составляющей

Любая конструкция не является абсолютно жесткой. В ней могут возникать резонансные явления, которые можно использовать при проведении стендовых испытаний при недостаточной мощности пульсаторов. Так поступает БелАЗ для испытаний рам карьерных самосвалов, задавая синтезированное по спектру вибрационное воздействие с базовой частотой

2 Гц с меньшей амплитудой из-за недостаточной их мощности, определяя резонанс в элементах рамы и сравнивая варианты конструкции по вибронагруженности (рисунок 4.23) [19].



**Рисунок 4.23. – Испытания рам карьерных самосвалов БелАЗ**

Здесь важно обеспечить реальный спектр воздействия. Обычно на заводах смешивают синусоидальные сигналы основной частоты воздействия (2–3 Гц) с имитационными сигналами (с генератора качающей частоты), генерируемые стойкой управления стендом. Такой подход использовал МАЗ при испытаниях кабины МАЗ-6429 на Schenck. Однако при таком подходе можно получить некорректные результаты из-за изменения картины напряженно-деформированного состояния в следствии изменения резонанса элементов. Т.е. такой подход требует осторожности и лучше работать с реальным воздействием, замеренным в дороге или полученным при корректном моделировании.

## ГЛАВА 5

### СРЕДСТВА И ПОДХОДЫ MTS ПО ИСПЫТАНИЯМ КМ

Фирма MTS является ведущей компанией в мире, лидером в области создания оборудования для стендовых испытаний колесных машин, предложив и использует самые передовые технологии в этой области. Комплекс оборудования включает: насосную станцию, электрогидравлические управляемые актуаторы, электронные устройства и систему компьютерного управления на основе контроллеров, механизмы приводов усилий (по типу насекомых) [20].

MTS применяет свои средства и специфические подходы по испытаниям КМ. Они касаются четырех моментов:

- использования собственных конструкций испытательного оборудования, включая программно-технических средства: компьютеры, контроллеры, программное обеспечение, гидропульсаторы (рисунок 5.1). Ключевой является связка компьютера с контроллером;



Рисунок 5.1 – Общая схема управления стендом MTS

- применения программных методов, удаляющих/отсекающих при испытаниях нагрузки с низким уровнем (аналогично методу “дождя”, реализовано в пакетах RPS Connect/RPC pro-793) [21, 22]), что позволяет форсировать испытания в 2–10 раз, не прибегая к увеличению частоты, приводящее к некорректным результатам из-за резонанса элементов объекта:

- осуществления коррекции воспроизведения воздействия на стендах, обеспечивающих более близкие нагрузки по напряжениям с реальными (см. п.4.4);

- осуществления управления с обратной связью механических и гидравлических компонентов испытательной системы по типу насекомых;

- проведения вибрационных испытания всего автомобиля (КМ) с воздействием на ступицы или через приспособление движущейся дорожки.

Ниже все это рассматриваются более подробно.

## 5.1 Контроллеры MTS серии 793

Ключевыми элементами испытательной системы MTS являются контроллеры серии 793 с программным обеспечением, работающие в комплексе с компьютерами, управляющие работой стендов. Они представляют собой программно-технические устройства ввода, вывода данных, в т.ч. с датчиков, позволяющие обрабатывать экспериментальные данные, задавать режим работы, отслеживать датчиками, корректировать выполнение сигналов и управлять работой стендов. Их обзор и описание на основе авторского перевода [21] приведены ниже.

**Примечание.** В фигурных скобках {} указаны страницы оригинала.

<p><b>Learn About Your Controller Here</b> Узнайте о своем контроллере здесь</p>	<p>Контроллеры серии 793 MTS снабжены несколькими руководствами, каждый из которых имеет отношение к своему контроллеру по его основному признаку, такими как, аппаратные средства, программные средства обеспечения управления, прикладные, служебные программы и т.д.</p> <p>Это руководство объединяет описания всех этих элементов, чтобы помочь Вам максимально эффективно узнать о своем контроллере. Это не руководство “how-to” с практическими рекомендациями”, это - руководство изучения.</p>
<p><b>Software is introduced in the order you use it</b> Программное обеспечение представлено в заказе, Вы используете его</p>	<p>В этом руководстве описаны различные программные приложения, включенные в заказ с Вашим контроллером, которые используются при проведении испытания.</p> <p>Например, раздел, который описывает конфигурацию станции, представляет приложение разработчика станции, раздел, который описывает проекты испытаний, ведение базового TestWare и приложения MultiPurpose TestWare.</p>
<p><b>Practice test procedure</b> Процедура практических испытаний</p>	<p>Данное руководство включает процедуру практических испытаний. Выполняя эту процедуру, Вы познакомитесь со многими действиями, выполняемыми при испытаниях.</p>
<p><b>New Features in Version 5.35</b> Новые возможности в версии 5.35</p>	<p>В нем Вы найдете несколько улучшений и дополнений, включенных в версию 5.30 для контроллеров серии 793:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• добавлена поддержка баз данных CANdb к 793.25 опциям интерфейса CAN Bus.</li> <li>• добавлено программное обеспечение 793 серии для поддержки 2500 процессоров;</li> <li>• добавлено несколько улучшений для гибридного моделирования модели 793.100 (внутренняя модель) и опции Model 793.101 Hybrid Simulation (внешняя модель).</li> </ul>
<p><b>Chapter 2 Controller Hardware</b> Глава 2 Аппаратные</p>	<p>Технические средства контроллера</p>

<p>средства контроллера</p>	
<p><b>Controller Overview</b> Обзор контроллера</p>	<p>MTS controllers equipped with Series 793 Software are referred to as MTS Series 793 Controllers Контроллеры MTS, снабжены программным обеспечением серии 793, упоминаемые как контроллеры серии 793 MTS.</p>
<p><b>Types of MTS Series 793 Controllers</b> Типы контроллеров серии 793 MTS</p>	<p>Для получения информации об аппаратных средствах, включенных в FlexTest GT, FlexTest SE и контроллер FlexTestIm, смотрите модели MTS контроллера FlexTest Im/GT/SE Hardware, руководство (PN 100-147-133). Для получения дополнительной информации о контроллерах серии 494 см. модели MTS, руководство контроллера FlexTest®40/60/100/200 Hardware (PN 100-187-204).</p>
<p><b>Closed loop control</b> <b>Управление циклом</b> Simple Control diagram When reduced to its basic form, a Series 793 test system typically includes these elements. (The command can also be provided by the function generator or MultiPurpose TestWare).</p>	<p>Контроллеры MTS серии 793 обеспечивают управление с обратной связью механических и гидравлических компонентов испытательной системы.</p> <div data-bbox="630 801 1212 1131" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: right;">{ 19 }</p> <p>Простейшая схема управления с сокращением ее до базовой формы, испытательной системы серии 793, как правило, включает эти элементы (команда может также быть обеспечена генератором функций или MultiPurpose TestWare).</p>
<p><b>Types of MTS Series 793 Controllers</b> Типы контроллеров серии 793 MTS</p>	<p><b>Заметим.</b> Для получения информации об аппаратных средствах, включенных в FlexTest GT, FlexTest SE и контроллеры FlexTestIm смотрите контроллеры серии 793 MTS HardWare, руководство (PN 100-147-133). Для получения дополнительной информации о контроллерах серии 494 смотрите контроллер серии 494 HardWare руководство (PN 100-187-204).</p>
<p><b>About MTS FlexTest Models 40/60/100/200 Controllers</b> О моделях контроллеров FlexTest 40/60/100/200 MTS</p>	<p>MTS FlexTest Models 40/60/100/200 Controllers are generally used in servohydraulic test systems. They provide real-time closed-loop control, with transducer conditioning and function generation to drive various types of servo- actuators. A FlexTest Controller consists of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• One or more Series 494 Hardware chassis that contain controller hardware.</li> <li>• A computer workstation that runs MTS controller applications.</li> </ul> <p>Контроллеры модели MTS FlexTest 40/60/100/200 обычно используются в испытательных системах с сервогидравликой. Они обеспечивают управление с обратной связью в реальном времени с созданием условий преобразования и функциями, чтобы управлять различными типами сервоактуаторами. Контроллер FlexTest состоит из:</p>


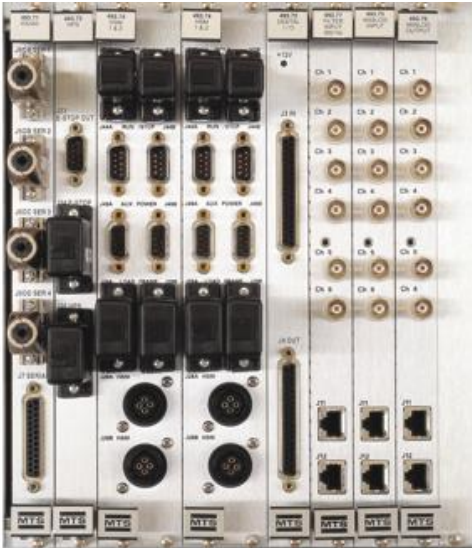
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• одного или нескольких ПО/Hardware серии 494, аппаратных средств, которые содержат аппаратные средства контроллера.</li> <li>• компьютерного автоматизированного рабочего места, которое запускает приложения контроллера MTS.</li> </ul>
<b>Controller capabilities</b>	Возможности контроллера
Параметры	FLEXTEST 40   FLEXTEST 60   FLEXTEST 100   FLEXTEST 200
Испыт. станций	2   до 6*   до 8   до 8
<b>Управляемые каналы</b>	до 4   до 8   до 16   до 40
Охлаждение	до 12   до 24   до 40   до 80
Transducer Inputs	Данные входов преобразователя
Auxiliary Data Inputs	Дополнительные вспомогательные вводы данных
Дополнительные вспомогательные вводы данных	до 6   до 32   до 64   до 96
*	Только с контуром включения/выключения (On/Off) сервисного гидравлического обеспечения.






**FlexTest Models 40/60/100/200 Controllers**


**Рисунок 5.2 – Виды контроллеров**

<p><b>FlexTest GT Controller Description</b>          Описание контроллера FlexTest GT</p> <p><b>Typical FlexTest GT configuration</b>          FlexTest GT Controllers are typically used for component or structural testing applications</p> <p>Типичная конфигурация FlexTest GT.          Контроллеры FlexTest GT, как правило, используются для испытательных приложений элементов или испытаний на прочность.</p>	<p>Контроллеры FlexTest GT – базирующиеся на PC, представляют многостанционные цифровые контроллеры, состоящие из:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ПО серии 793 для PC/ рабочей сепии Software:</li> <li>• контроллера узла FlexTest GT, снабженного электроникой серии 493;</li> <li>• дополнительных устройств.</li> </ul> <p>Эти компоненты работают совместно, чтобы управлять до восьми каналов максимум на четырех независимых станциях.</p> 
<p><b>Typical FlexTest GT Configuration</b>          Типичная конфигурация FlexTest GT</p>	<p>Комплект контроллера, как правило, оборудуется следующими сменными модулями серии 493 (32-х максимум):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• один модуль управления клапаном на канал управления (двухконтупный или трехконтурный);</li> <li>• два цифровых универсальных формироваля (DUCs) на канал управления;</li> <li>• гидравлический контур обеспечения/сервиса (HSM) и гидравлическая насосная силовая установка (HPU), объединяющие модули.</li> </ul>
<p><b>About DUCs</b>          О DUCs</p>	<p>Модель 494.25 – цифровые универсальные устройства (DUCs) преобразования переменного и постоянного тока. Вы можете использовать тот же DUC, чтобы задействовать LVDT (преобразователь AC) для одних испытаний и затем сформировать компонент/узел загрузки (преобразователь DC) для других испытаний.</p> <p>Модель 494.25 DUCs - полнофункциональные устройства. Это означает, что DUCs однозначно закрывают полный масштаб преобразования, который избавляет от необходимости</p>

	<p>выбирать между диапазонами для преобразователей. DUCs, также предоставляют реализацию и воспроизводимости, требуемую для оценки/измерения небольшого процента их полного диапазона.</p>
<p><b>Hardware options</b> Опции ПО</p>  <p><b>FlexTest GT Controller chassis</b></p>	<p>Дополнительные модели DUCs 494.25:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• модель 494.26 двойной DUC;</li> <li>• модель 494.21 DUC мультидиапазоной с компенсацией по ускорениям, которая обеспечивает создание условий и компенсацию ускорений в едином устройстве;</li> <li>• вспомогательный аналого-цифровой (A/D) преобразователь исходных данных;</li> <li>• комплект 16 цифровых входов и 16 цифровых выводов для работы, определяемых пользователем;</li> <li>• кодирующее устройство.</li> </ul> <p><b>Controller backpanel</b></p>  <p>{24}</p>
<p><b>FlexTest SE Controller Description</b> Описание контроллера FlexTest SE</p>	<p>Контроллер FlexTest SE - полностью цифровой контроллер PIDF, который доступен в трех конфигурациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• базовый FlexTest SE;</li> <li>• FlexTest SE Plus;</li> <li>• FlexTest SE 2-х каналный.</li> </ul>
<p><b>FlexTest SE Basic</b> Базовый FlexTest SE</p> <p><b>FlexTest SE Controller With the FlexTest SE Basic model, you perform all operations from the front panel controls shown here. For the FlexTest SE Plus and FlexTest SE 2-Channel models, you</b></p>	<p>Базовый FlexTest SE является автономным контроллером, снабженный панелью многоцветного индикатора и кнопочным меню прямого доступа. Он не требует, чтобы работал Р. Специальная форма программного обеспечения серии 793 MTS сохранена непосредственно в его внутренней флэш-памяти. FlexTest SE – базовый контроллер снабжен своим собственным руководством (см. информация о пользователе FlexTest SE и ссылки на программное обеспечение, PN 100-149-574).</p> <p>{25}</p>

<p>typically perform most operations from a PC loaded with Series 793 Software.</p>	<p>Контроллер FlexTest SE</p>  <p>С базовой моделью FlexTest SE Вы выполняете все операции средств управления на передней панели, показанных выше. Для моделей FlexTest SE Plus и FlexTest SE 2-Channel, загруженного программным обеспечением серии 793, как правило, выполняется большинство операций PC.</p>
<p><b>Automated FlexTest SE Controllers</b> Автоматизированные контроллеры Automated FlexTest SE</p> <p><b>FlexTest SE Plus</b> The FlexTest SE Plus provides one control channel, as shown in this axial load unit example</p> <p><b>FlexTest SE 2-Channel</b> The FlexTest SE 2-Channel provides two control channel, as shown in this axial-torsional load unit example</p>	<p>FlexTest SE доступен в двух автоматизированных конфигурациях, FlexTest SE Plus и FlexTest SE с 2-мя каналами.</p> <p>FlexTest SE Plus и 2 контроллера канала FlexTest SE включают:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PC с программным обеспечением серии 793;</li> <li>• контроллер FlexTest SE, снабжен электроникой серии 493.</li> </ul>  <p>FlexTest SE плюс FlexTest SE Плюс обеспечивает один канал управления, как показано в этом примере осевой нагрузки узла/компонента</p>  <p>(26)</p> <p>FlexTest SE, 2-х канальный FlexTest SE, 2-х канальный, обеспечивает два канала управления, как показано в этом примере осевой торсионной/закручивающей нагрузки образца.</p>

<p><b>Using Plus and 2-Channel Controllers in the Basic mode</b> Использование Плюс и 2-Контроллеров канала при базовом способе</p>	<p>При желании FlexTest SE Plus и 2 контроллера канала FlexTest SE могут также использоваться без PC (в базовой конфигурации FlexTest). Контроллер полностью способен к системному управлению без PC.</p>
<p><b>Supplemental interface for specimen handling</b> Дополнительный интерфейс для ручного управления</p>	<p>Для FlexTest SE Plus и 2-х контроллеров канала FlexTest SE, как правило, используются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• управляющая передняя панель FlexTest SE, чтобы облегчить процедуру загрузки;</li> <li>• приложение управления станции, работающее на PC как основной интерфейс испытаний.</li> </ul> <p>Контроллер FlexTest SE может размещен возле узла нагружения или испытательного приспособления или портативного испытательного стенда. Это избавляет от необходимости удаленного контроллера станции Remote Station Controller (RSC). {27}</p> <p>При работе контроллера в автоматизированном режиме отключается несколько режимов меню на передней панели контроллера. Эти меню используются для тестирования вне автоматизированной базовой модели FlexTest SE. Чтобы компенсировать отключенные строки меню на передней панели, используете интерфейс приложения менеджера станции на PC, чтобы настроить и запустить испытания.</p> <div data-bbox="598 1153 1332 1758" style="text-align: center;"> <p>PC управляет тестированием. Используйте PC с ПО для разработки и проведения испытаний</p> <p>FlexTest Controller управляет специфированной инсталляцией позиционирования актуатора при при специфированных нагрузках</p> </div>
<p><b>Typical FlexTest SE Plus configuration</b> Типичная конфигурация FlexTest SE</p>	<p>Контроллеры FlexTest SE Plus, как правило, поддерживает один канал на одной станции и включают следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• процессор VME, способный к обновлению с частотой 6 кГц, наряду с двухконтурным или трехконтурным драйвером клапана и двумя цифровыми универсальными устройствами;</li> <li>• один аналоговый вход и три аналоговых выхода;</li> <li>• цифровые входы и выходы (для соединены или определяемые пользователем цели),</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• последовательный интерфейс для контроля температуры.</li> </ul>
<b>Options</b> Опции	До трех дополнительных DUCs: <ul style="list-style-type: none"> <li>• шесть вспомогательных аналого-цифровых входных каналов;</li> <li>• испытательный стенд (регулируемый вручную или портативный стенд) с контроллером FlexTest SE.</li> </ul>
<b>FlexTest SE Controller backpanel</b> Задняя панель FlexTest SE	
<b>Typical FlexTest SE 2-Channel configuration</b> Типичная конфигурация FlexTest SE-2 с 2-мя каналами	2 контроллера канала FlexTest SE, разработанные для приложений на два канала одной станции испытаний. 2 контроллера канала FlexTest включают следующие дополнения к конфигурации FlexTest SE Plus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• два драйвера управления двухконтурного или трехконтурного клапана;</li> <li>• четыре цифровых универсальных устройства (DUCs).</li> </ul>
<b>For more information</b> Для большей информации	Для большей информации см. “About DUCs” на странице 23.
<b>FlexTest IIм Controller Description</b> Описание контроллера FlexTest IIм  Typical FlexTest IIм configuration. FlexTest IIм Controllers are typically used for component or structural testing applications that require higher channel counts. Типичная конфигурация FlexTest IIм. Контроллеры FlexTest IIм, как правило, используются для составляющих или структурных приложений испытаний, которые требуют более	Контроллеры FlexTest IIм - базирующиеся на PC, представляют многостанционные цифровые контроллеры, состоящие из двух главных компонентов аппаратных средств: <ul style="list-style-type: none"> <li>• PC, реализующей программное обеспечение серии 793;</li> <li>• комплекта контроллеров FlexTest IIм, оборудованных электроникой 497 серии на станциях.</li> </ul>

высокого количества канала.

Контроллеры FlexTest IIм поддерживают до шестнадцати каналов управления – максимум на четырех независимых.

**Typical FlexTest IIм configuration**

FlexTest IIм Controllers are typically used for component or structural testing applications that require higher channel counts. |



30}


**FlexTest IIм Console**  
Пульт FlexTest IIм

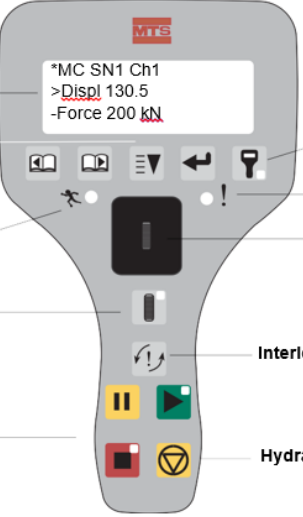

Per channel resources  
-One valve driver output  
-One D/A output  
-One A/D input  
-One AC conditioned input  
-Two DC conditioned inputs



Каждый блок FlexTest IIм размещает следующие смонтированным в стойке помещенные компоненты:





- 497.01 аналоговое устройство, оборудованное дополнением драйверов клапана серии 497 и устройств поддержки до 16 каналов управления;
- 497.05 пульт управления гидравликой, который управляет по крайней мере одним контуром гидравлической силовой установки (HPU) или узлом актуатора;
- 498.22 контур процессора испытаний;
- 16 исходных данных и 16 выводов пользовательского DIO.

Контроллер FlexTest IIм доступен в полной комплектации (вертикальной) стойки, настольного пульта или перевозимой стойки консоли.




	 <p style="text-align: right;">{31}</p> <p>Включает ресурсы канала:  - один драйвер для клапана вывода;  - один вывод D/A;  - один A/D ввода;  - один AC обуславливающий ввод;  - два DC обуславливающие вводы.</p>
<b>Controller Hardware Options</b>	Опции аппаратных средств контроллера
<b>Remote Setpoint Adjust (RSA)</b> Удаленное заданное значение корректируется (RSA)	Удаленное управление, задаваемое настройками значений, позволяет Вам использовать одно или несколько формирующих устройств на станции, чтобы управлять заданными настройками каналов управления (доступно только контроллерам FlexTest IIм и FlexTest GT).
<b>Model 494.05 Handset</b> Модель ручной настройкм 494.05	Ручной пульт обеспечивает управление с портативного интерфейса для выполнения операциями базовых испытаний, таких как: <ul style="list-style-type: none"> <li>• перемещение привода, чтобы установить образец;</li> <li>• контроль датчиков;</li> <li>• установки нуля датчиков;</li> <li>• сброс и переопределение взаимной блокировки;</li> <li>• применение и сбрасывание гидравлического давления станции;</li> <li>• запуск и остановка испытаний.</li> </ul> Пульт легкий и может быть расположен на столе или установлен на стенде в непосредственной близости от испытательной структуры, чтобы облегчить специфицированную загрузку.
<b>Password protection</b> Защита паролем	Испытатель может включить работу пульта на любом уровне доступа. Доступ установлен на странице параметров пульта в приложении в стационарном окне настроек 793 менеджера станции.
<b>Other features</b> Другие особенности	Пульт может быть сконфигурирован, чтобы работать только в режиме управления перемещения. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ручное управление командой автоматически отключается после 90 секунд, чтобы минимизировать непреднамеренную работу. {32}</li> </ul>


<p><b>Programmable Display.</b> Shows sensor output and the current control mode. You can use it to zero sensors and change control modes</p> <p>Программируемый Дисплей. Показывает выводы с датчика и текущий режим управления. Вы можете использовать его для нулевых датчиков и изменять режимы управления</p>	 <p><b>Programmable Display.</b> Shows sensor output and the current control mode. You can use it to zero sensors and change control modes.</p> <p><b>Exclusive Control</b></p> <p><b>Interlock Indicators</b></p> <p><b>Thumbwheel.</b> Manually positions the actuator when Manual Command is enabled</p> <p><b>Hydraulics Indicator</b></p> <p><b>Manual Command</b></p> <p><b>Interlock Reset/Override</b></p> <p><b>Program Run/Stop/ Hold Controls</b></p> <p><b>Hydraulics Off</b></p> <p>Model 494.05 Handset</p>
<p><b>About TEDS Sensors</b> О датчиках TEDS</p>	<p><b>Заметим.</b> Только контроллеры серии 494 аппаратной поддержки используют датчики MTS TEDS (преобразователь электронной таблицы данных).</p> <p>У датчиков TEDS есть встроенные микросхемы памяти, которые хранят основную информацию TEDS (производитель, модель, число и порядковый номер).</p> <p>Когда Вы соединяете инициализируемое устройство TEDS с устройством, менеджером станции, приложение считывает основную информацию с устройств TEDS, и в окне назначения датчика появляются данные.</p>  <p>Список файлов в этом окне только перечисляет файлы датчика, которые содержат основную информацию о TEDS, тип устройств и измерение. Окно назначения датчика содержит тот же список назначения датчика, выбранный/найденный в окне установки станции.</p>
<p><b>TEDS devices</b> Устройства TEDS</p>	<p>Доступные устройства TEDS включают:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• датчики MTS содержащие основную информацию, сохраненную в интегральном чипе, который встроен в датчик.</li> <li>• MTS преобразователь идентификационного модуля ID включают чип, который хранит основную информацию о TEDS для определенного датчика. Модуль TEDS соединен с датчиком.</li> </ul>
<p><b>Chapter 3</b> <b>Controller Software</b> ПО контроллера глава 3</p>	<p>This section contains descriptions of the software included with MTS 793 Controllers. Regardless of the differences in hardware between one controller and another, all MTS 793 Controllers are equipped with MTS 793 Software</p> <p>Этот раздел содержит описания программного обеспечения, включенного с контроллером 793 MTS. Независимо от различий в аппаратных средствах между одним контроллером и</p>




	<p>другим. Все контроллеры 793 MTS снабжены его программным обеспечением.</p>
<p>Multitasking Windows environment Многозадачная среда Windows</p>	<p>MTS 793 Software runs on the Windows operating system, which is multitasking. This means you can run more than one 793 application at a time. For instance, you can design a test configuration at the same time you are running a test. Also, while running a test, you can adjust control parameters in response to test events {35}</p> <p>Программное обеспечение MTS 793 работает на операционной системе Windows, являющаяся многозадачной. Это означает, что Вы можете выполнить больше чем одно приложение 793 за один цикл. Например, Вы можете спроектировать конфигурацию испытаний одновременно, когда запускаете тест. Кроме того, запуская тест, можете скорректировать параметры управления в ответ на тестовые мероприятия. {35}</p>
<p>Model 793.00 System Software Bundle Модель 793.00 Системное программного обеспечения связи Model 793.00</p>	<p>Все контроллеры MTS серии 793 снабжены моделью 793.00 группы ПО/System Software. Группа ПО содержит приложения, которые выполняют действия, сосредоточенные вокруг поддержки сервоуправления испытательного АРМ. Эти приложения включают следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• менеджер проектов;</li> <li>• разработчик станции;</li> <li>• менеджер станции;</li> <li>• основной TestWare;</li> <li>• организатор рабочего стола станции;</li> <li>• редактор файлов Hwi</li> <li>• инструмент управления контроллером (только для контроллеров FlexTest SE). MTS также предлагает дополнительное управление и прикладное программное обеспечение.</li> </ul>
<p>Project Manager  Управление проектом</p>	<p>Приложение для управления данными испытаний позволяет создавать и конфигурировать проекты серии 793, запускать приложения серии 793 и редактировать их и системные настройки. Проекты делают организацию данных более легкой. Вы можете сконфигурировать проекты серии 793, организовать данные вокруг определенных тестов, пользователей, приложений или станций.</p>
<p>Station Builder  Связь станции</p>	<p>Первичная функция современного приложения контроллера состоит в том, чтобы поддержать сервоуправление станции, позволяя Вам выполнить типичные испытательные операции, такие как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• создание наборов параметров, которые определяют и оптимизируют операционные особенности, такие как диапазоны датчика и эффективность устройств, ресурсов станции в Ваших конфигурационных файлах станции;</li> <li>• контроль различных аналоговых и цифровых сигналов, посланных в и от Вашего контроллера;</li> <li>• контроль станции, связанный с объединенным управлением гидравлического или электромеханического питания станции;</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• управление тестами с выполнением, поддержкой и средствами управления остановкой.</li> </ul>
<b>Basic</b> Базовый <b>TestWare</b> 	Испытательное приложение разработки позволяет создавать монотонные и циклические тесты и получать данные.
<b>Station Desktop Organizer</b>  организатор рабочего стола станции	Утилита программного обеспечения, позволяющая управлять окнами и дисплеями, связана с программным обеспечением серии 793. Эта утилита полезна для наведения порядка на экране, когда работаете с несколькими станциями одновременно.
<b>Редактор файлов Hwi</b> <b>File Editor</b> 	Утилита программного обеспечения позволяет создавать и редактировать интерфейс аппаратных средств (.hwi файлы). Файлы hwi - текстовые файлы, которые определяют внутренние компоненты - или ресурсы - доступные контроллерам серии 793 MTS. Примеры ресурса включают устройства, драйверы клапана, цифровые входы, и т.д. Текстовое описание ресурса в .hwi файле включает информацию о размещении, такие как местоположение слота в шасси, в котором установлен ресурс, и соединениях на задней панели, через которые к этому можно получить доступ.
<b>Controller Management Tool</b>  Инструментарий управления контроллером	Утилита программного обеспечения, позволяющая выполнять множество технического обслуживания на контроллере FlexTest SE, включая обновление выполняемого программного обеспечения, сохраняемого на диске флэш-памяти контроллера, установке их и пользовательских файлах поддержки и назначении различных параметров контроллера, таких как региональные настройки, пароли и многие установки контроллера. <b>Заметим.</b> Инструмент управления контроллера относится только к FlexTest SE.
<b>For more information</b> Для большей информации	<p>Для получения дополнительной информации об использовании менеджера станции, чтобы назначить параметры размещения в конфигурации, см. “О назначении параметров конфигурации станции” на странице 54.</p> <p>Для получения дополнительной информации об использовании базового TestWare, чтобы создать проекты испытаний, см. “Тесты на проектирование с базовым приложением TestWare” на странице 65.</p> <p>Для получения дополнительной информации об использовании менеджера станции, чтобы выполнить тесты, см. “О запуске тестов” на странице 76.</p>
<b>Software Options Available with Key Codes</b> Опции программного обеспечения, доступные с кодами ключа	Ваш контроллер 793 серии может быть снабжен дополнительным программным обеспечением, которое помогает или увеличивает сервоуправление станции. Эти особенности доступны как включенные опции на стандартном ряде 793 установочного CD системного программного обеспечения.
<b>Model 793.02 Calculations</b> Модель вычисления 793.02	Опция Model 793.02 Calculations позволяет Вам назначать рассчитываемый аналоговый вход для обратной связи управления или сбора данных. Вычисленные входные значения

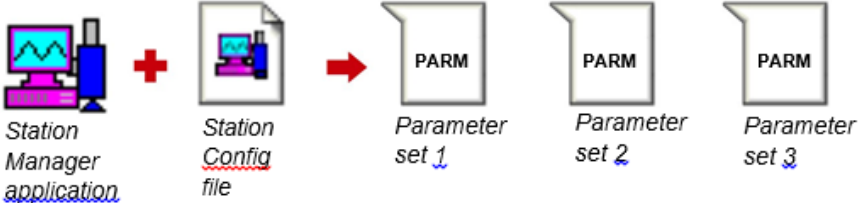


	<p>рассчитываются, применив определяемое пользователем математическое уравнение к указанным значениям сигнала. Вы назначаете математические функции в интегрированном редакторе формул.</p> <p>Вы используете приложение разработчика станции, чтобы назначить вычисляемые входные ресурсы на режиме управления, обратную связь стабилизации, внешние вводы команд и вспомогательные исходные данные.</p> <p>Приложение менеджера станции создает вычисляемые входные каналы из входных ресурсов, которые отображаются на расчетных входных ресурсах.</p>
<p><b>Model 793.03 Calculations with Outputs</b>          Модель 793.02 вычисления 793.03 с выводами</p>	<p>Model 793.03 Calculations с опцией Outputs предоставляет сигналу выхода, с которым Вы работаете, возможность вести ресурс аппаратных средств (например, драйвер клапана). Каждый расчетный выходной сигнал, определенный в приложение разработчика станции, определяется уравнением, созданным в приложении менеджера станции.</p> <p>Вы можете также задать управления устройством на канале на виртуальном выходном ресурсе, создав “виртуальный канал”. Выход расчетного канала не определяется уравнением или назначением на аппаратные средства. Его выход используется расчетным выходным ресурсом, который может использоваться, чтобы вести аппаратные средства, такие как, сервоклапан.</p>
<p><b>Model 793.04 PC-Per-Station Kit</b>          Комплект PC для модели станции 793.04</p>	<p>Комплект PC станции позволяет Вам использовать до четырех PC со своим FlexTest Пm или контроллером FlexTest GT. Несколько PC, соединенных с единственным контроллером, позволяют различным операторам управлять своими назначенными станциями без необходимости делиться PC. Это также уменьшает время простоя, так как несколько операторов могут запустить различные тесты одновременно (на их назначенных станциях) через один контроллер.</p>
<p><b>The PC-Per-Station kit allows each test station to have its own PC. (Test stations are equipped with separate hydraulic service manifolds)</b></p>	<div data-bbox="738 1402 1190 1832" data-label="Diagram"> </div> <p>Комплект PC за станцию позволяет каждому испытательному АРМ иметь свой собственный PC. Испытательные АРМ оборудованы отдельными гидравлическими коллекторами сервиса</p>
<p><b>Model 793.05/.06/.07/.08/.18 Compensators</b></p>	<p>Компенсаторы сравнивают Вашу команду с соответствующей обратной связью датчика, чтобы гарантировать, что команда</p>

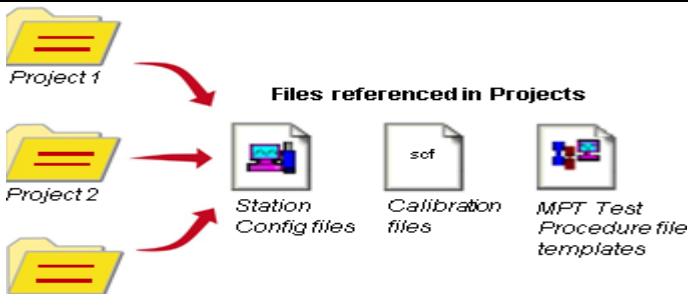

<p>Модели компенсаторов 793.05/.06/.07/.08/.18</p>	<p>полностью отработана в экземпляре. Если обратная связь датчика указывает, что экземпляр не достигает уровней, которыми управляют/командуют, компенсатор изменяет команду, пока желаемый результат не будет достигнут. Каждый тип компенсатора использует различную технологию, чтобы обеспечить управляемые уровни. Определенные компенсаторы работают более эффективнее, чем другие для определенных приложений. Доступны следующие компенсаторы, как опции серии 793 ПО (Software):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– модель 793.05 компенсатор Amplitude Phase Control (APC);</li> <li>– модель 793.06 компенсатор Adaptive Inverse Control (AIC);</li> <li>– модель 793.07 компенсатор произвольной регулировки нижнего уровня (ALC);</li> <li>– модель 793.08 Peak Valley Phase Control (PVP) компенсатор фазы;</li> <li>– модель 793.18 Adaptive Harmonic Cancellation (AHC) компенсатор прерывания адаптивной гармоника.</li> </ul>
<p>Model Модель 793.10 MultiPurpose TestWare (MPT) </p>	<p>При сложном тесте общего назначения создается приложение, которое позволяет Вам создавать процедуры проверки, определяя и соединяя модульные испытательные действия (названный процессами) путем выделения и перетаскивания в окружении “drag and drop”. Вы можете также поручить последовательным или параллельным более аккуратным отношениям между процессами приспособлять условные тестовые мероприятия. MPT позволяет Вам объединять функции генерации, сбора данных, событий и триггерных элементов, чтобы быстро создать фактически любую процедуру проверки.</p> <p>MPT требуется, чтобы выполнять многие серийные 793 приложения, определенные для их ниш, как отмечено в описаниях в следующих приложениях.</p> <p>Для конкретных инструкций об использовании MPT см. руководство прикладного программного обеспечения MultiPurpose TestWare (PN 100147131).</p> <p>Заметим – MultiPurpose TestWare стандартный для системы FlexTest IIm.</p>
<p>Model 793.11 Profile Editor Редактор профиля модели 793.11 </p>	<p>Приложение для разработка автономной формы волны позволяет создавать произвольные формы волны (называемые профилями). Вы можете создать произвольный блок и профили фазы и проанализировать формы волны с графической функцией предварительного просмотра. После того, как создали, Вы завершаете профили в приложении MultiPurpose TestWare, используя процессы профиля.</p>
<p>Model 793.12 Trend Monitoring Модель 793.12 контроля тенденции </p>	<p>Специализированное аналитическое приложение, позволяющее Вам контролировать данные о тенденциях, зарегистрированных в режиме реального времени. Это приложение работает с приложением MultiPurpose TestWare, используя процессы тенденции.</p>
<p>Model 793.14 Fatigue Monitoring Модель</p>	<p>Специализированное аналитическое приложение позволяет Вам контролировать данные об усталости, которые были зарегистрированы в режиме реального времени. Это</p>


<p>793.14 Контроль усталости </p>	<p>приложение работает с приложением MultiPurpose TestWare, используя процесс усталости.</p>
<p><b>Model 793.15 Degree of Freedom Control (DOF)</b>          Модель 793.15 управления степенью свободы (DOF)</p>	<p>Управление DOF (доступное в серии 793 версии 4.0 программного обеспечения и позднее) обеспечивает систему координат, в которой приводы действуют в группах, чтобы воспроизвести движение в шести степенях свободы (вертикальной, продольной, боковой, roll, pitch, yaw/прокручиваемый, уклон подача, отклонение от курса). Обратная связь и команда преобразованы из координат привода при запуске и конце цикла управления. А именно, исходные сигналы обратной связи привода преобразуются в координаты DOF. Контроллер замыкает цикл, используя затем эти координаты DOF. Выходные сигнала контроллера DOF тогда объединяются, чтобы обеспечить отдельные команды клапана привода.</p>
<p><b>Model 793.16 Three Variable Control</b>          Модель 793.16 Три переменного управления Модель 793.16 управления по трем переменным (TVC)</p>	<p>Управление TVC (доступные в серии 793 с версией 4.0 программного обеспечения и позднее) обеспечивает одновременное управление переменными смещения, скорости и ускорения. Оно объединяет команду и сигналы обратной связи всех трех переменных управления, обеспечивая необходимую производительность системы, выделяя смещение на низких частотах, скорость на средних частотах и ускорение на высоких частотах. В этом особенность стабильности частоты генератора волны, чтобы достигнуть лучшей работы в спектре.</p>
<p><b>Model 793.21 Cascade Control</b>          Модель 793.21 каскадного управления</p>	<p>Режим каскадного управления Модели 793.21, как правило, используется при тестировании, которое требует высокой степени стабильности в динамических условиях. Этот режим управления использует два цикла управления. Вывод внешнего цикла управления используется в качестве входа к внутреннему циклу управления, как заключительный элемент управления.</p>
<p><b>Model 793.23 MPT Variables</b>          Переменные модели 793.23 MPT</p>	<p>Особенность переменных MPT модели 793.23 предоставляет разработчикам испытаний возможность определять переменные параметры испытаний. С этой особенностью разработчикам испытаний могут создать тесты, в которых оператор вводит переменные параметры испытаний всего в одно место. Когда это выполнено, все связанные переменные в тесте обновляются автоматически без оператора без необходимости открывать каждый связанный процесс индивидуально. Это может значительно уменьшить разработку испытаний, время настройки и уменьшить их ошибки. Эта особенность включает процесс вычисления MPT, который позволяет разработчикам испытаний добавлять математические операторы к переменным параметрам. Другой процесс, установки параметров контроллера, позволяет устанавливая значения для параметров вычисления и значения переменной вычисления, определенных в конфигурации станции. Когда процесс вызван, набор значений в этом</p>

	процессе переопределяет их связанные значения inc конфигурация станции.
<b>Model 793.25 CAN Bus Support</b> Поддержка сети CAN в модели 793.25	Устройства в модели 793.25 поддерживаются по сети CAN bus. CAN bus является компьютерным протоколом сети и стандартом, который позволяет устройствам общаться друг с другом без главного компьютера. Вы можете использовать ресурсы CAN bus в циклах управления и последовательных действиях событий.
<b>Model 793.26 Signal Based Command</b> Базовая команда основанная на сигнале модели 793.26 	Модель 793.26 основанная на сигнале процессной команды позволяет Вам генерировать команду на основе значений сигнала, специфицированного в предопределенной справочной таблице. Справочная таблица содержится в табличном текстовом файле с разделителями, которые разделяют значения сигнала и команды.
<b>Model 793.71 Time History Playout (THP)</b> Модель 793.71 История времени воспроизведения 	An MPT process that allows you to drive a test system equipped with an MTS Remote Parameter Control (RPC) time history file. Процесс MPT, позволяющий Вам управлять системой испытаний, снабжен MTS файлом истории удаленного контроля параметров (Remote Parameter Control (RPC)) во времени.
<b>Model 793.72 Time History Playout with Data Acquisition (THD)</b> Воспроизведение в модели 793.72 по времени со сбором данных 	Процесс MPT, позволяющий Вам приобретать и оцифровывать аналоговые сигналы, проверять данные об ответной реакции в MTS RPC III формате файла и файлы истории времени с плавающей запятой. Аналитическое программное обеспечение RPC позволяет Вам вычислять системную преобразующую функцию системы с оцифрованным fi.
<b>Model 793 Multibox Option</b> Опция многофункциональной модели 793	Опция многофункциональной модели 793 позволяет использовать сетевые устройства, обеспечивающие дополнительные ресурсы аппаратных средств.
<b>Model 793.100/101 Hybrid Simulation</b> Гибридное моделирование модели 793.100	Опции гибридного моделирования модели 793.100 (внутренняя модель) и модели 793.101 (внешняя/External Model) позволяет программным и аппаратным обеспечениям 793 взаимодействовать с моделями моделирования.
<b>For more information</b> Для большей информации	Для большей информации о компенсаторах см. “О компенсаторах” на странице 59. Для получения дополнительной информации о создании процедур проверки с MPT, см. “О запуске испытаний” на странице 76
<b>Software Options Available on Separate Media</b> Дополнительное прикладное программное	MTS имеет дополнительное прикладное программное обеспечение для использования с контроллерами серии 793, которые развивается далее. Эти приложения не доступны как включенные опции на стандартном ряде 793 установочного ПО на CD (ПО/System Software); они распределены на отдельных media. Следующие описания - всего несколько примеров

<p>обеспечение для использования</p>	<p>дополнительных приложений серии 793 (свяжитесь с MTS для получения полного списка),</p>
<p><b>Model 793.20 High-Cycle, Low-Cycle, and Advanced Low Cycle Fatigue</b>          Модель 793.20 высоко низких циклов и усовершенствования усталостных повреждений при низких циклах</p>	<p>Процесс МРТ, позволяет определять, выполнять и анализировать постоянство амплитуды, высокого и низкого уровня цикла испытаний усталостного разрушения. Это программное обеспечение предлагает предопределять испытательные шаблоны для облегчения выполнения стандарта ASTM E606 при комнатной температуре при трапециевидной волновой формы сигнала LCF и стандартов по проведению испытаний по E466 HCF. Это обеспечивает оперативный просмотр гистерезисных циклов/петель и множество других участков, позволяющих контролировать и записывать прогресс испытаний. Это также поддерживает переход от LCF для загрузки управляемого HCF. таким образом, Вы можете собрать критическую испытательную информацию LCF, тогда требуется быстро запустить Ваш тест на повреждение, максимизировав Вашу производительность при испытаниях.</p>
<p><b>Model 793.31 Dynamic Characterization</b>          Динамическое characterization в модели 793.31</p> 	<p>Процесс МРТ, позволяющий характеризовать динамические свойства эластомерных материалов и компонентов. Вы можете охватить температуру, частоту, динамическую амплитуду, средний уровень и фазу между несколькими каналами управления одновременно. Это также позволяет Вам рассматривать их в комплексе.</p>
<p><b>Model 793.40 Fatigue Crack Growth</b> Пост усталостной трещины в модели 793.40</p>	<p>Процесс МРТ, позволяет быстро настраивать и запускать тесты для точного измерения темпа роста повреждений материалов. Это включает несколько мощных возможностей, таких как управление дельтой K, а также соблюдение и визуальное измерение длины трещины. С визуальным методом это программное обеспечение позволяет Вам вести тест, делать измерения, параметры изменения, и возобновлять тест. Это программное обеспечение включает предопределенный испытательный шаблон для быстрого, точного выполнения тестов на темп роста усталостной трещины по ASTM E647-91. Это обеспечивает в реальном времени анализ длины трещины относительно циклов и da/dN, дельты K. МРТ может быть настроен для управления дельтой K, из которой управляемый и постоянный Kmax управляет испытаниями на разрастание трещин для получения результата для особых условий повреждений.</p>
<p><b>Operation Concepts Operational Overview</b></p>	<p>Следующие страницы предоставляют обзор шагов высокого уровня, требующих настройки, проектирования и запуска теста.</p>
<p><b>Setting Up A Project</b></p>	<p>Этот раздел предоставляет концептуальную информацию об использовании 793 компонентов программного обеспечения для выполнения определенных испытательных действий.</p>
<p><b>Подготовка проекта</b></p>	 <p>Project Manager application</p>

<p><b>Creating a Station Configuration</b> Создание конфигурации станции</p>	<p>Для запуска сессии тестирования Вы создаете (или выбираете) место для хранения файлов, которые Вы будете производить при тестировании, такие как, файлы разработки и файлы данных испытаний. Это место упоминается как “Проект</p>
<p><b>Assigning Parameters to the Station Configuration</b> Назначение параметров к станционной конфигурации</p>	<p>Затем, Вы используете приложение построителя разработчика станции, чтобы выделить/распределять/ассигновать ресурсы из Вашего файла интерфейса Hardware для создания отдельных файлов конфигурации станции</p> 
<p><b>Creating a Test Design</b> Создание конструкции испытаний</p>	 <p>Затем, Вы создаете программу испытаний. Чтобы сделать это, выбираете свой файл конфигурации станции и желаемый набор параметра в приложение менеджера станции. Затем из приложения менеджера станции, Вы выбираете желаемое приложение испытаний, такое как базовый TestWare или MPT, и создаете файл проекта испытаний.</p>
<p><b>Running a Test</b> Запуск испытаний</p>	<p>Затем, Вы создаете программу испытаний. Чтобы сделать это, Вы выбираете свой файл конфигурации станции и желаемый набор параметров в приложении менеджера станции. Затем из приложения, менеджера станции Вы выбираете желаемое испытательное применение конструкции, такое как базовый TestWare или MPT, и создаете файл конструкции испытаний.</p>  <p>Наконец, со всеми открытыми файлами, Вы запускаете приложение теста с панели и управления менеджера станции. Файлы данных испытаний выполняются согласно типа испытательного применения конструкции, который Вы ранее создавали.</p>
<p><b>For more information</b> Для большей информации</p>	<p>Для получения дополнительной информации Для получения дополнительной информации о создании станционной конфигурации см. “О Конфигурациях станции ” на странице 51. Для получения дополнительной информации о назначении параметров к конфигурации станции см. “О назначении параметров конфигурациям Станции” на странице 54. Для получения дополнительной информации о создании испытательного дизайна см. “Об Проектах испытаний” на странице 64.</p>

	Для получения дополнительной информации о запуске теста см. “О запуске испытаний” на странице 76 {45}
<b>About Projects</b> <b>Understanding Projects</b> Принимание проектов	Папка проекта серии 793 (или Проект для простоты) содержит различные типы информации, которую Вы, как правило, устанавливаете при испытаниях.
<b>Project folders</b> <b>Папки проектов</b>	 <p><b>Папки проекта</b> содержат различные файлы, сосредоточенные вокруг проекта испытаний и выполнения теста. Проекты также содержат настройки, включающие <i>ссылки</i> на общий файл поддержки, хранивший в другом месте (как показано вправо). Папки проекта показаны с двойным красным примечанием линии. </p>
<b>Преимущество проектов</b>	<p>Менеджер проектов (и способность создать проекты) стал доступен в версии 4.0 серии 793 ПО (System Software). Проекты предлагают следующие преимущества:</p> <p>проекты отделяют информацию о пользователе от информации о контроллере и системы. Это устраняет беспорядок, где хранятся Ваши испытательные файлы, и позволяет Вам устанавливать привилегии доступа к файлу для отдельных пользователей. Проекты позволяют различным пользователям сохранять информацию в своих проектах отдельно друг от друга.</p> <p>Проекты позволяют Вам использовать стандартные функции Windows, чтобы добавить безопасность к дубликату, и заархивировать информацию, хранившуюся в них.</p> <p>Конфигурируемые проекты, позволяют соответствовать Вашему проекту Вашим условиям проведения испытаний.</p>
<b>Your initial Project</b> <b>Ваш первоначальный проект</b>	<p>Инсталлятор серии 793 автоматически создает первоначальный проект (с названием по умолчанию Project1) и предоставляет выбрать назначение его как проекта по умолчанию.</p> <p><b>Отметим</b>, что, если не использовали никогда менеджер проектов для назначения проекта по умолчанию, но один из установленных (Вы не побуждены выбрать Проект при запуске последовательных 793 приложений), этот выбор был, вероятно, присвоен выбран во время установки.</p>
<b>Default Projects</b> Проекты по умолчанию	Проекты по умолчанию открываются автоматически, когда Вы запускаете последовательное 793 приложение.
<b>Upgrade installations</b> Установки обновления	Для обновления/модернизации установок у Вас имеется опция копирования всего Вашего существующего проекта испытаний, в котором файлы данных испытаний относительно их исходных местоположений из первоначального проекта (файлы

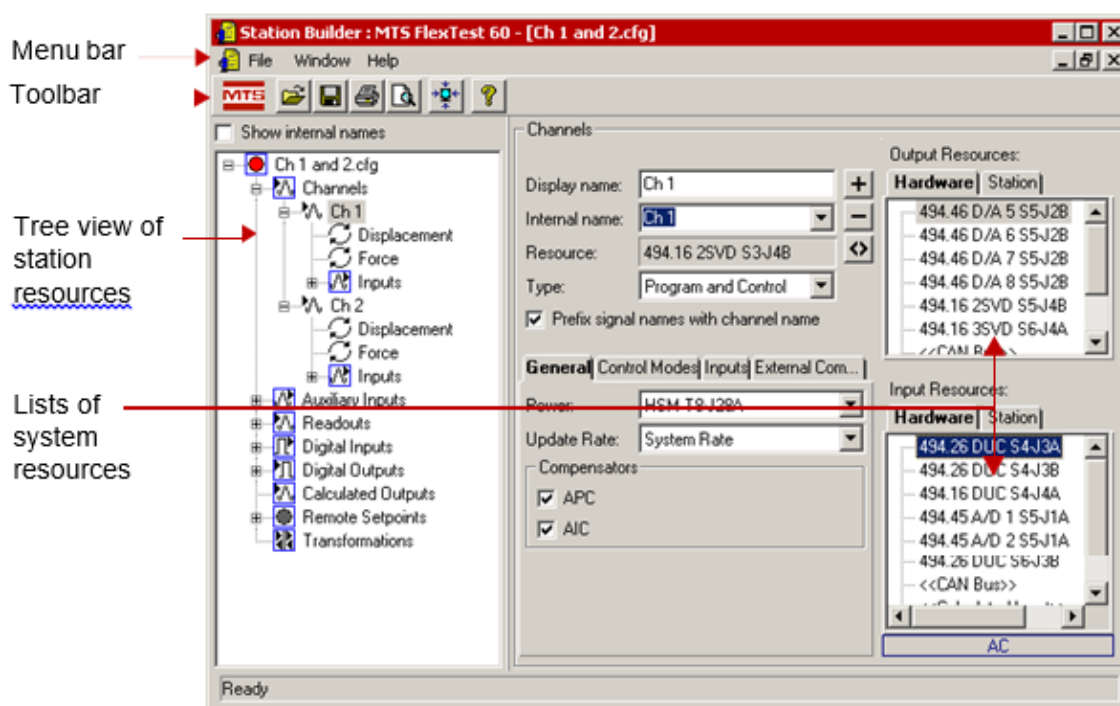
	скопированы, но не перемещены, таким образом, оригинальные файлы остаются в их исходных местоположениях).
<b>For more information</b> Для большей информации	Для получения дополнительной информации, как проекты разделяют информацию о пользователе от системы и информацию о контроллере, см. “Об информации о проекте” на странице 85. {47}
<b>Using Project Manager to Modify Projects</b> Использование менеджера проектов для изменения проектов	Каждый проект содержит файл его настроек. Настройки главного проекта Most Project являются спецификациями пути папки. Чтобы конфигурировать проекты используете приложение менеджера проекта для редактирования файла настроек проекта. Файл настроек проекта работает как распределительный элемент узел, направляющий поток информации в рамках проекта. Менеджер проектов также позволяет Вам выполнять другие задачи, такие как редактирование множества системных настроек и запуск последовательных 793 приложений, но его первичная функция состоит в том, чтобы настроить проекты. Когда Вы настраиваете и конфигурируете проекты с менеджером проектов, Вы не обязаны подавать питание на свою станцию или обращаться со аппаратными средствами станции - Вы просто создаете файлы.
<b>Default Projects</b>	Вы можете настроить Проекты через множество способов удовлетворив Вашим определенным потребностям. Например: Вы могли настроить один проект получить все данные испытаний, выполненные определенным оператором (пример: “Проект Кена”). Вы можете настроить другой проект, получив все данные испытаний, произведенные несколькими операторами от определенного экземпляра (пример, “Проект Амортизатора”). Проекты делают этот тип организации данных более легким. Можно настроить проекты, организовав данные вокруг определенных испытаний, пользователей, приложений или станций. Проект является пользовательским порталом к Вашей системе испытаний.
<b>About Interface Files Understanding Hardware Interface Files</b> Об интерфейсных файлах Понимание файлов интерфейса аппаратных средств	Ресурсы в Ваших перечнях приложений разработчика ресурса станции определяются файлом интерфейса аппаратных средств (или .hwi файлом) установленный с Вашим системным программным обеспечением. Примеры ресурса включают устройства, управления клапана, цифровые входы, и т.д. .hwi файл определяет, какие слоты контроллера доступны Вашему контроллеру, какие устанавливаются в нем и какие разъемы задней панели к ним получают доступ через файлы интерфейса Hardware (.hwi), являющиеся текстовыми файлами.  Hardware Interface file

<p><b>Hardware interface file</b> Файл интерфейса ПО</p>	<p>Текстовое описание ресурса в .hwi файле включает информацию о размещении, такую, как местоположение паза в шасси, в котором устанавливается ресурс и разъемы задней панели, через которые к этому можно получить доступ. Текст в файлах интерфейса аппаратных средств используют точный синтаксис, который должен сопровождаться при редактировании текста непосредственно.</p>
<p><b>hwi file and the Station Builder application</b> Файл .hwi и приложение построителя станции</p>	<p>Вы используете приложение построителя станции (одно из приложений, включенных в ПО MTS 793.00 System Software) для определения станций испытаний путем распределения некоторых или всех ресурсов, перечисленных в .hwi файле</p>
<p><b>Initial .hwi file</b> Первоначальный .hwi файл</p>	<p>.hwi файл, связанный с данным контроллером, как правило, создается в MTS согласно ресурсов, включенных с контроллером. Необходимо возможно отредактировать этот файл, если добавляются системные ресурсы, удалены или изменены местоположение в шасси контроллера.</p>
<p><b>Editing .hwi files with the Hwi File Editor</b> Редактирование в редакторе файлов Hwi</p>	<p>MTS имеет утилиту программного обеспечения для редактирования .hwi файлов, названную редактором файлов Hwi. Эта утилита сводит к минимуму вероятность представления синтаксических ошибок при внесении изменений в существующие .hwi файлы или создании новых .hwi файлов.</p> <p>Встроенная логика редактора файлов Hwi оптимизирует процесс добавления новых ресурсов. Например, когда добавляете или удаляете аналоговые ресурсы из .hwi файла, .hwi редактор файлов имеет функцию заполнения вниз, которая функционирует автоматически, назначает надлежащие номера каналов и имена ресурса.</p> <p>Если Вы добавляете новые аппаратные средства к своей системе из-за потребности в дополнительном создании условий, Вы можете использовать редактор файлов Hwi для отражения тех изменений в системе .hwi файл.</p> <p>В дополнение к редактору файлов Hwi Вы можете создать или отредактировать .hwi файлы любым редактором текста, таким как Microsoft Notepad. {50}.</p>
<p><b>About the Station Builder Application</b> О приложении построителя станции</p>	<p>Приложение разработчика станции определяет части конфигурации станции от пула системных ресурсов, перечисленных в файле интерфейса аппаратных средств. С построителем станции можете ассоциировать все или часть Ваших системных ресурсов для создания конфигурационных файлов станции.</p>

	 <p>Файл конфигурации станции может представлять только часть полных ресурсов, доступных в файле интерфейса аппаратных средств.</p>
<p><b>Initial station configuration</b> Первоначальная конфигурация станции</p>	<p>MTS, как правило, устанавливает программное обеспечение серии 793 и обеспечивает Ваш контроллер конфигурацией станции. Используйте приложение разработчика станции, чтобы изменить Вашу начальную конфигурацию станции, заменяя или добавляя ресурсы.</p>
<p><b>Using the Station Builder Application to Create Station Configurations</b> Использование построителя для создания конфигурации станции</p>	<p>Когда Вы создаете конфигурацию станции с помощью приложения разработчика станции не требуется подавать питание на свою станцию или обращаться со аппаратными средствами станции - Вы просто создаете файлы.</p> <p>Чтобы создать конфигурацию станции Вы выделяете / присигнуете ресурсы контроллера, такие как драйверы клапана, устройств, аналоговых вводов/выводов, цифровых вводов/выводов и ресурсы управления гидравликой, чтобы создать следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– каналы, используемые, чтобы управлять отдельными параметрами независимым значением, таким как, усилие или перемещение на приспособлении испытаний.</li> <li>Вспомогательные входы, используются, чтобы контролировать сигналы для сбора данных или вывода на дисплей. В качестве опции, Вы можете создать расчетный входной ресурс для вспомогательных исходных данных.</li> <li>– считываемые входы, используются, чтобы послать аналоговые сигналы во внешние устройства считывания, такие как осциллографы и измерители.</li> <li>– цифровые входы, используются, чтобы получить цифровые логические сигналы от внешних устройств. Как опции, можете создать расчетный входной ресурс для цифровых входов.</li> <li>– цифровые выходы, используемые, чтобы послать цифровые логические сигналы во внешние устройства. Как опцию, можете создать ресурс для “виртуальных” цифровых выходов, не связанных с аппаратными средствами, но доступные для использования в других вычислениях.</li> <li>Расчетные аналоговые выходы - эта опция используется, чтобы применить определяемые пользователем, алгебраические формулы к выбранным значениям выходного сигнала, чтобы вычислить новые, расчетные значения выходного сигнала.</li> </ul>

	<p>Расчетные аналоговые входы - эта опция используется с расчетными ресурсами, чтобы применить определяемые пользователем, алгебраические формулы к выбранным входным значениям сигнала, чтобы рассчитать новые, вычисленные входные значения сигнала.</p> <p>Удаленные устанавливаемые значения используются, чтобы настроить средства управления Remote Setpoint Adjust (RSA) (дополнительные, автономные средства управления аппаратными средствами актуатора).</p> <p>Как только Вы выделили/ассигновали ресурсы, в которых Вы нуждаетесь, можете сохранить свой файл конфигурации (он получает расширение “.cfg”).</p>
<p><b>Where station configurations are stored</b> Где хранятся конфигурации станции</p>	<p>На конфигурационные файлы ссылаются из проекта, который Вы выбрали, когда Вы запускали приложение разработчика станции. (Вы можете изменить, сохраняя Ваши конфигурации станции, изменив Ваши настройки Project в приложении менеджера проектов.) {52}</p>
<p><b>Station Builder Application Window</b> Окно приложения построителя станции</p>	<p>В приложения разработчика станции имеется одно главное окно, которое позволяет Вам создать конфигурацию станции.</p>

Station Builder application main window



{53}

<p><b>About Assigning Parameters to Station Configurations</b> <b>About Parameter Sets</b> О назначении параметров в</p>	<p>В предварительной фазе Вы используете приложение менеджера станции, чтобы оптимизировать совместно работающих части Вашей системы. Продукт предварительной фазы - набор параметров установок, которые Вы сохраняете в конфигурации станции.</p> <p>Набор параметра адаптирует способ, которым ресурсы в Вашей конфигурации станции функционируют, чтобы удовлетворить Вашим требованиям испытаний. Параметры включают все от настройки значений до настройки датчика. Когда Вы изменяете</p>
--	---

<p>конфигурации станции О наборах параметров</p>	<p>эти настройки от их значений по умолчанию, Вы создаете уникальный набор параметров для конфигурации станции. Вы используете приложение менеджера станции, чтобы создать наборы параметров. Наборы параметров определяют особенности работы ресурсов в выбранном файле конфигурации станции. Вы можете создать до 15 наборов параметра для конфигурации станции.</p> 
<p><b>Creating parameter sets</b> Создание наборов параметров</p>	 <p><b>Selecting Parameter sets.</b> When you start the Station Manager application, you select a Station Config file, and then you select the desired parameter set for the Station Config file.</p>
<p><b>Using the Station Manager Application to Create Parameter Sets</b> Использование менеджера станции для создания наборов параметра</p>	<p>Когда Вы оптимизируете свою конфигурацию станции с помощью приложения менеджера станции, Вы выполняете многие действия, требуемые для выполнения теста: Вы подаете питание на станцию, вручную перемещаете привод, применяете настраивающие программы, формы волны монитора, и т.д. Делая эти действия Вы корректируете значения параметров соответственно, которые Вы сохраняете со своей конфигурацией станции. Вы, как правило, выполняете следующие действия, чтобы оптимизировать станционную конфигурацию, в то время как создание параметра устанавливало {54}</p>
<p><b>Creating sensor files</b> Создание файлов датчиков</p>	<p>Чтобы начать создание наборов параметров, Вы, как правило:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>создайте и назначайте файлы калибровки для датчиков с созданием условий на борту;</li> <li>корректируйте значения устройств для датчиков с внешним созданием условий.</li> </ul>
<p><b>Balancing the servovalve</b> Балансировка сервоклапана</p>	<p>Для оптимальной производительности системы Вы должны проверить и откорректировать сервоклапан прежде, чем выполнять тесты. Балансировка сервоклапана является процессом оптимизации связи между драйвером клапана и сервоклапаном. Во время установки Вашего сервоклапана, как правило, он уравнивается в его среднем положении/midstroke. Значения сигнала в Вашем наборе параметра отражают ту первоначальную процедуру. Для оптимальной работы Вы должны уравновесить сервоклапан снова после того, как Вы переместили привод при испытаниях, запуская положение.</p>
<p><b>Adjusting dither</b></p>	<p>Вы, возможно, также должны откорректировать пульсации дрефта колебательных процессов. Пульсации представляют</p>

Корректировка дрифта	колебания с низкой амплитудой высокочастотной волны синуса, когда контроллер обращается к сервоклапану штока. Пульсации сохраняет шток в движении, таким образом, он работает гладко и не задерживается своих цилиндрических стенках. Это особенно полезно для тестов, которые используют команды с маленькими амплитудами.
<b>Setting detectors</b> Установка пределов датчиков	Прежде, чем установить образец испытаний, Вы должны установить пределы датчика и действий, чтобы минимизировать риск травмирования себя и повреждение образца. После того, как Вы установите образец, Вы должны откорректировать свои датчики, чтобы приспособить Вашу конструкцию к испытаниям.
<b>Tuning control modes</b> Способы настройки	<p>Вы должны установить экземпляр, прежде чем Вы откорректируете настройку усиления, потому что воздействующая сила, проходит через каждый элемент цепочки силы и требует управления с обратной связью.</p> <p>Чтобы выполнить эту задачу, удостоверьтесь, что настраиваемые значения усиления, установленные в Вашем наборе параметра, подходят для теста, который Вы собираетесь запустить. Сделав это, Вы, как правило:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• создаете и применяете простую настраиваемую программу на генераторе функций;</li> <li>• оцениваете текущие настраиваемые значения усиления, сравнив сигналы обратной связи и команды;</li> <li>• сделайте пропорциональными регулировки усиления (P) и интегральные (I) регулировки, чтобы достигнуть оптимальной настройки усиления.</li> </ul> <p>Настраиваемые значения смещения, как правило, не требуют частой корректировки. Оптимальные настраиваемые значения усиления, однако, являются функцией соответствия образца, которое имеет тенденцию изменяться со временем, или даже от теста до теста. Это - хорошая практика, чтобы часто настраивать режим управления усиления. Вы должны также настроить режим управления усиления каждый раз, когда Вы вносите любое изменение в настройку/тренировки усиления, также как при изменении приспособлений захвата. {55}.</p>
<b>Verifying calibration Adjustments</b> Подтверждение калибровки корректировки	<p>Вы можете проверить калибровку своего датчика усиления (датчик нагрузки) путем выполнения калибровки шунта. Это - хорошая практика для выполнения калибровки шунта перед началом теста для обеспечения точных данных испытаний.</p> <p>После того, как Ваш датчик усиления впервые откалиброван (или когда он будет полностью перекалибровать), выполняется калибровка преобразования, чтобы создать справочную величину, которая будет сохранена в калибровочном файле датчика усиления. Вы периодически сравниваете эту справочную величину с величинами, которые Вы получаете при выполнении последующих пересчетов калибровок. Это утверждает текущее состояние калибровки датчика усиления.</p>
<b>Saving station views</b> Сохранение вида станции	При восстановлении сохраненного представления окна местоположение меняется автоматически.

	<p>Каждый раз когда менеджер станции завершает приложения, сохраняется текущий вид станции как представление по умолчанию.</p> <p>При повторном открытии станции, оно появляется с окнами, с измененными местоположениями, которые были, когда станция была в последний раз закрыта. Это позволяет Вам возвращаться к последнему сохраненному виду на станцию.</p> <p>Вы можете также восстановить представление по умолчанию путем выбора представления восстановления по умолчанию. Эта функция меняет местоположение окон станции туда, где они были в прошлом, когда станция была закрыта. {56}</p>
<p><b>Where parameter sets are stored</b> Где хранятся наборы параметров</p>	<p>Набор параметра станции не является дискретным файлом, который Вы видите на своем рабочем столе. Это - дискретный набор признаков, сохраненный приложением менеджера станции в ее конфигурации. По умолчанию конфигурации файлы расположены в C:\MTS 793\Controllers\Controller Name (например, FlexTest GT) \Config.</p> <p>На файлы конфигурации ссылаются из проекта, который Вы выбрали, когда запустили приложение строителя станции. (Вы можете изменить, где Ваши конфигурации станции сохранены путем изменения настроек приложением менеджера проектов.Project)</p> <p>Контроллеры серии 793 (за исключением контроллеров FlexTest SE) оборудованы устройством закрытия записи.</p> <p>С устройством записи закрытия Вы можете собрать данные, окружающие неожиданных закрытий. Данные об устройстве записи закрытия хранятся в переменной памяти процессора или в дополнительном флеш модуле РМС. Если конфигурация связана с проектом, данные об устройстве записи закрытия хранятся в каталоге Project's Shutdown Recorder. Вы можете импортировать и проанализировать данные о закрытии в приложениях электронных таблиц, такими как Microsoft Excel {57}</p>
<p><b>Station Manager Application Windows</b> Окна приложений менеджер станции</p>	<p>В приложение менеджера станции Вы можете выполнить следующее, чтобы оптимизировать Вашу конфигурацию станции до запуска тестов.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• загружать и перезагружать станцию;</li> <li>• выполнять системную калибровку и настройку;</li> <li>• сконфигурировать ограничения и детекторы ошибок;</li> <li>• определять и применить алгебраическую формулу к сигналу, чтобы получить расчетное значение сигнала;</li> <li>• сконфигурировать компенсацию сигнала и стабилизацию;</li> <li>• контролировать гидравлическое давление к испытательном АРМ;</li> <li>• применять простые программы со встроенным генератором функций.</li> </ul> <p>Все настройки, параметры приложения менеджера станции может быть сохранены в наборе параметров станции.</p>

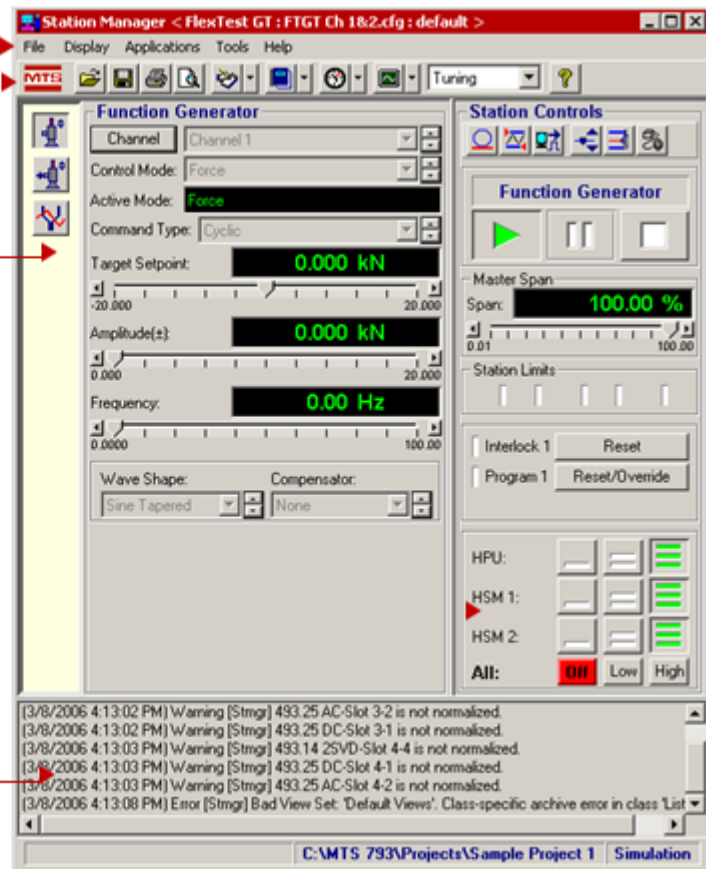
Station Manager  
application main  
window

Menu bar  
Toolbar

Application control bar

Station Controls panel

Message pane



Station Setup window



### About Compensators

О компенсаторах

Компенсаторы - методы управления, которые улучшают отслеживание и точность Вашего контроллера. Они играют важную роль в оптимизации производительности системы. Доступны различные компенсаторы, чтобы удовлетворить определенным требованиям испытаний

### Null Pacing

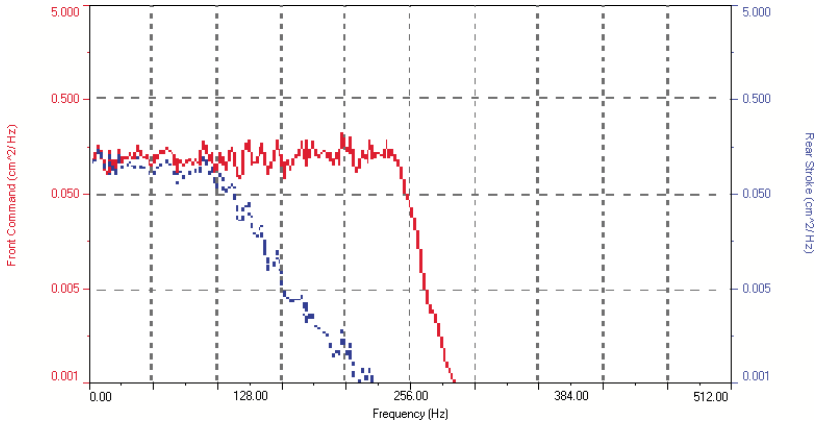
Нулевой  
проход/шаг/прого  
н

При нулевом шаге/проходе гарантируется, что желаемые уровни достигнуты на начальном проходе команды без программирования входа.

Нулевое шаг предоставляет следующие преимущества:

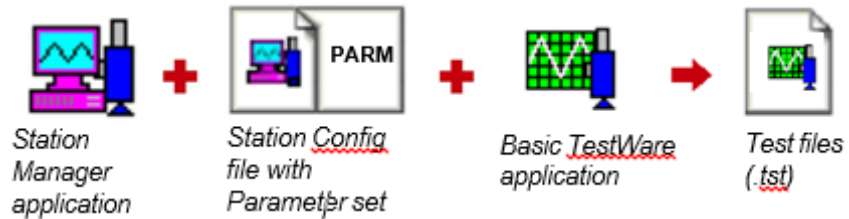
- работы с циклическими или случайными профилями;
- работы с линейными или нелинейными экземплярами;
- оптимизирует работу, чтобы воспроизвести форму волны или к максимальной скорости испытаний, не принимая во внимание форму волны.

	<p>Нулевой шаг, как правило, используется в тестах, в которых форма волны не важна и Вы хотите закончить тест как можно быстрее при каждом встречающемся пике в указанном допуске. Нулевой шаг может скорректировать скорость команды, с помощью максимальной производительности механической системы. Это также используется в тестах, в которых каждый пик должен быть достигнут в указанном допуске, но не обнаружен.</p> <p>{59}</p>
<p><b>Amplitude and Phase Control (APC)</b> Регулировка по амплитуде и фазе (APC)</p>	<p>Амплитудная обратная связь контролирующего устройства/мониторов компенсатора и регулировки фазы (APC) для синуса и синуса клиновидной команды для амплитудного спада и отставания по фазе. APC работает хорошо, когда Вы должны управлять амплитудой компонентой основной частоты. APC предоставляет следующие преимущества:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышает амплитуду команды, если спад обнаруживается</li> <li>– изменяет фазу команды, если обнаруживается отставание по фазе</li> </ul>
<p><b>Peak/Valley Compensation (PVC)</b> Компенсация по пику/впадине (PVC)</p>	<p>Компенсация пика/впадины контролирует циклическую обратную связь команды для любого амплитудного спада или расхождения среднего уровня. PVC, как правило, используется в циклическом, или циклических блоках тестов с &gt; 10 циклов в блоке, и является часто используемым компенсатором для циклического и блоков циклических испытаний на долговечность. PVC предоставляет следующие преимущества:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– исправляет для пиков и среднего уровня в циклических формах волны;</li> <li>– работает с линейными и нелинейными экземплярами.</li> </ul>
<p><b>Peak Valley Phase Control (PVP)</b> Регулировка по пику впадине и фазе (PVP)</p>	<p>Компенсатор фазы Пика/ впадины (PVP) объединяет амплитуду и фазу (APC) с алгоритмами компенсации пика/впадины (PVC) для улучшения амплитуда и отслеживания фазы команды/обратной связи. PVP корректирует фазу а также амплитуду и средний уровень. PVP важен для многоканальных тестов, в которых правила фаз должны быть сохраняемыми и в котором экземпляр предварительно загружен или форма волны обратной связи может быть искажена. PVP, как правило, используется в многоканальном блоке циклических тестов (&gt; 10 циклов на блоке), в котором должны быть компенсированы фазирование и средние уровни в дополнение к амплитуде.</p>
<p><b>Adaptive Inverse Control (AIC)</b> Адаптивное инверсионное управление (AIC)</p>	<p>Компенсация пика/впадины контролирует циклическую обратную связь команды для любого амплитудного спада или расхождения среднего уровня. PVC, как правило, используется при циклических или циклических блоках тестов с &gt; 10 циклами в блоке и представляет часто используемый компенсатор для циклического и блоков циклических испытаний на долговечность. PVC предоставляет следующие преимущества:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– исправляет пики и средний уровень в циклических формах волны.</li> <li>– работает с линейными и нелинейными экземплярами.</li> </ul>

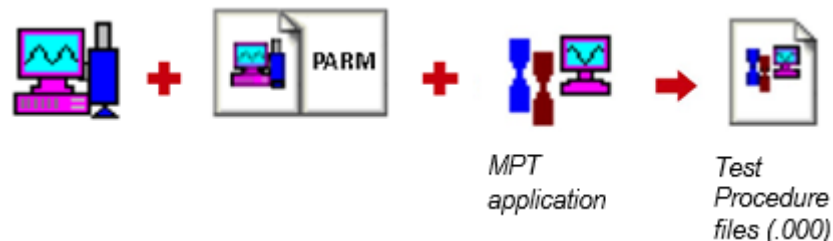
	<p>AIC, как правило, используется в тестах на экземплярах с линейной характеристикой, когда развертываемый размах слишком быстр (<math>&gt;1 \text{ Hz/s}</math>) для APC и на любом компоненте, проверяемом со случайным или временном сигналам с историей записи. {60}</p>
<p><b>Extended AIC (AICX)</b> Расширенный AIC (AICX)</p>	<p>AICX является расширенной версией AIC для использования с аппаратными средствами серии 494 MTS (базовый AIC, как правило, используется с аппаратными средствами 493 серии MTS). Компенсация AICX предлагает следующие преимущества по AIC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выполняет большую часть, обрабатываемую на стороне, который уменьшает чувствительность к загрузке процессора;</li> <li>– низкие области управляемой последовательности лучше и часто позволяют компенсировать через область низкой последовательности</li> <li>– позволяет использование значительно более высоких фильтров FIR с меньшим количеством воздействия на выполнение.</li> </ul>
<p><b>Arbitrary Level Control (ALC)</b> Произвольное регулирование уровня (ALC)</p> <p><b>Example of feedback dropping off in a test waveform without ALC compensation</b> Пример обратной связи, понижающейся в испытательной форме волны без компенсации ALC</p> <p><b>The same waveform with ALC compensation</b> Та же форма волны с компенсацией ALC</p>	<p>ALC является адаптивным методом компенсации, улучшающим точность отслеживания профилей спектра, реализуемых в приложении MultiPurpose TestWare. Этот метод также известен как “от - до матричной компенсации”.</p> <p>ALC работает с линейными или нелинейными экземплярами и могут использоваться с циклическими формами волны или случайными профилями.</p> <p>ALC предоставляет возможность корректировать частоту испытаний для удовлетворения механической системной способности (для оптимизации частоты, а также амплитуд для уменьшения времени испытаний) {61}</p> <p>ALC, как правило, используется на матричных испытаниях на усталостном разрушение истощением, где только один или два цикла особой амплитуды выполняются, прежде чем новые амплитуды вводятся.</p> 

<p><b>Adaptive Harmonic Cancellation (AHC)</b>  <b>Adaptive Harmonic</b>      Прерывание адаптивной гармоник (AHC)</p>	<p>Прерывание адаптивной гармоник (AHC) работает с амплитудной регулировкой фазы (APC) для уменьшения побочных нелинейных искажений.</p> <p><b>Отметим.</b> Адаптивная гармоническая функция компенсатора может быть разрешена только, если осуществляется амплитудная регулировка фазы (APC).</p> <p>Адаптивная гармоническая прерывание позволяет Вам настраивать адаптивные гармонические компенсаторы, чтобы уменьшить или отменить побочные гармоники в обратной связи при программировании синусоид. Этот подход вводит входные гармоники в форму волны команды контроллера только с правильной фазой и амплитудой для отмены гармоник обратной связи.</p> <p>Адаптивное гармоническое прерывание как правило, используется при программировании с чистыми командами синусоидальной волны/sinewave или развертывании синуса при ускоряющем управлении. Кроме того, ALC, как правило, используется в высокочастотных системах MAST при испытаниях дорожного воздействия на транспортное средство {62}</p>
<p><b>How AHC Works</b>      Как AHC работает</p>	<p>Поскольку прерывание осуществляется при системном выходе посредством системного ввода сигнала, ответ фазы системы должен быть известен. Модель системы управления или «модель», если коротко, является адаптивным фильтром конечного ответа импульса (FIR) и предоставляет ответ фазы. Перед включением отмены Вы должны настроить системную реакцию фазы путем управления системой с развертыванием синуса или случайным сигналом по частотному диапазону эксплуатации.</p>
<p><b>About Test Designs</b></p>	<p><b>О разработке конструкции испытаний</b></p>
<p><b>Understanding Test Design Files</b>      Понимание файлов проектов разработки испытаний</p>	<p>Программное обеспечение MTS серии 793 предлагает несколько приложений, которые можно использовать для создания файлов проекта испытаний. Когда Вы сохранили файлы проекта испытаний, они автоматически сохраняются в текущем проекте.</p> <p><b>Отметим.</b> Базовое приложение TestWare является единственным применением проекта испытаний, входящим в стандарт программного обеспечения серии 793.</p> <p>Вы создаете файлы испытаний в базовом TestWare, который Вы можете использовать для создания простых монотонных и циклических проектов. Испытаний.</p>

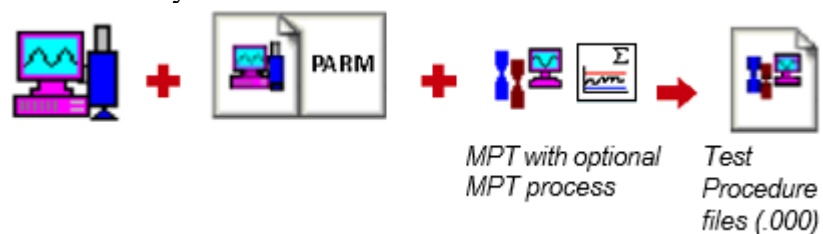
Вы выбираете базовое применение TestWare в приложении менеджера станции, открывающееся в текущей станционной конфигурации



Вы создаете процедуры проведения испытаний с процессами МРТ, которые являются модульными испытательными действиями, которые Вы можете использовать для создания сложных проектов испытаний. Вы выбираете МРТ в приложении менеджере станции, открывающееся вместо текущей конфигурации станции.



Вы можете прикупить специализированные процессы для МРТ, которые Вы можете объединить со стандартными процессами МРТ. Это позволяет Вам создавать процедуры проведения испытаний с уникальными возможностями



Вы создаете профили в редакторе профиля. Профили являются волновыми формами, которыми Вы заканчиваете в процедурах проведения испытаний МРТ. Редактор профиля является автономным приложением (Вы не открываете его при конфигурации станции), хотя Вы должны знать о ресурсах станции при разработке профилей.

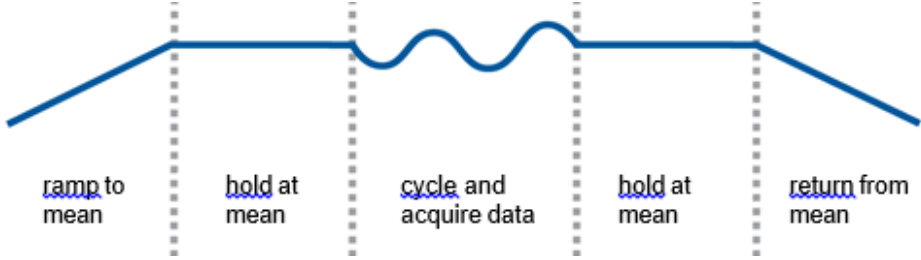


{ 64 }

### Designing Tests with the Basic TestWare Application

Проектирование тестов с базовым приложением TestWare

Базовое приложение TestWare включено в серию 793 группы ПО/System Software и является самым легким программным средством для создания простых монотонных и циклических проектов испытаний, не требующих сложного управления сигналом или переключением режимов. Панель на экране позволяет Вам создать тесты путем определения уровня, частоты,














	<p>амплитуды и средних значений для синуса, треугольника, квадрата и сигналов команд надежности. Вы можете включить пиковые датчики для контроля изменений сигнала.</p> <p>Вы можете также собрать данные от любого сигнала, который Вы определили в своей системе, включая пик/впадину, min/max, синхронизированные данные и данные о дорожном воздействии. После формирования теста Вы можете сохранить его в приложении основного файла испытаний TestWare (или .tst файле).</p>
<p><b>About test files</b> О файлах испытаний</p>	<p>Файл испытаний, как правило, включает следующие типы испытательной информации в конфигурации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– испытательная команда (управляет типом, определением канала испытаний);</li> <li>– определение сбора данных (тип, сигналы, размер буфера / тип);</li> <li>– определение файла данных (имя файла, заголовки данных, формат файла).</li> </ul> <p>По умолчанию базовые файлы теста применения TestWare сохраняются в папке «BTW» в папке Project, которую Вы выбрали, когда запускаете приложение менеджера станции. {65}</p>
<p><b>Designing Tests with MultiPurpose TestWare</b> Проектирование испытаний с MultiPurpose TestWare</p>	<p>MultiPurpose TestWare (MPT) является мощным и гибким приложением, позволяющим Вам к быстро, и легко задать сложный проект испытаний.</p>
<p>MPT allows you to create complex test designs with discrete processes. Each process represents an individual test activity. This diagram shows how a test waveform may correlate to individual process icons.</p>	<p>MPT позволяет Вам создавать сложные проекты испытаний с дискретными процессами. Каждый процесс представляет отдельную испытательную деятельность. Эта схема показывает, как форма волны испытаний может коррелироваться к отдельным частям процесса.</p> 
<p>Sequencing test activities. This diagram shows how each process is sequenced to achieve test objectives. For instance, the timed data acquisition process (icon with clock) executes in parallel to the cyclic command process.</p>	<p>Упорядочивание испытательных действий. Эта схема показывает, как каждый процесс упорядочивается для достижения целей испытаний. Например, синхронизированный процесс сбора данных (символ с часами) выполняется параллельно циклическому процессу команды.</p>

<p>Defining parameters. This diagram shows examples of parameters assigned to individual processes. This defines test levels.</p>	<p>Определение параметров. Эта схема показывает примеры параметров, назначенных на отдельные процессы. Это определяет уровни испытаний.</p> <p>level: 0 N    level: 300 N    waveform: sinusoidal    level: 300 N    level: 0 N/mm  time: 10 sec    amplitude: 2mm    frequency: 10 Hz    time: 10 sec  cycles: 2000  acquisition: 1 millisecond  time between points</p> <p>(66)</p>
<p><b>Types of information in MPT test procedures</b>  Типы информации в процедурах проведения испытаний МРТ</p>	<p>Процедура проведения испытаний МРТ содержит два типа информации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– информация о процессе, определяющая Ваши процессы (команда, сбор данных, контроль сигнала, и т.д.) и последовательность, в которой каждый процесс выполняется;</li> <li>– информация по применению МРТ, включающая единицу; испытания и назначения измерения, поведение удержания и функции возобновления, формата файла данных и тому подобное.</li> </ul>
<p><b>Working with Processes</b>  Работа с процессами</p>	<p>Вы начинаете проектировать процедуру проведения испытаний путем выбора процессов, которые Вы хотите включить. Доступные процессы показаны как символы на палитре Process Types. Вы выбираете символ, тянете его на стол и отпускаете его на место. Процедура проведения испытаний может состоять из единственного процесса или может быть более сложной, содержащих несколько процессов генерации функции, упорядоченных с несколькими процессами сбора данных. Вы можете также создать процессы для группы и рассматривать их как единственный процесс в Вашей процедуре проведения испытаний. МРТ обеспечивает простую в использовании среду «перетаскивания» для создания и автоматизации процедур проведения испытаний. В МРТ Вы связываете процессы, включающие генерацию функции, сбор данных, событий и триггерные/запускающие механизмы - для создания фактически любой процедуры проведения испытаний.</p>
<p><b>Connecting the Processes</b></p>	<p>Вы управляете порядком, в котором процессы выполняются путем соединения их с другими процессами. Каждый процесс имеет поле</p>

Соединение процессов	списка запуска, перечисляющее запускающие механизмы, которые могут запустить его, и поле списка прерывания, перечисляющее триггеры, которые могут преждевременно его остановить.
<b>Defining Process Parameters</b> Определение параметров процесса	Для каждого процесса Вы задаете определенные испытательные параметры, чтобы запустить тест, такие как время надежности, уровни окончания, и т.д. Различные наборы параметров могут быть сохранены для определения нескольких различных процедур проведения испытаний - все выполняющие тот же тип теста, но с различными частотами, числами циклов, и так далее.
<b>Working with MPT Variables</b> Работа с переменными MPT	<p>Обычно, когда вводите величину для параметра в процессе Вы можете изменить величину только путем открытия диалога процесса, когда тест остановлен и процедура проведения испытаний разблокирована. В этом смысле «фиксируется» значение параметра. {67}</p> <p>С особыми переменными MPT Вы можете связать определенный параметр испытательного процесса с этой переменной. Это позволяет Вам заменять переменную в редакторе переменных, не открывая связанное окно процесса, Например, предполагать создание процедуры проведения испытаний, включающей несколько процессов команд, которые использовали всю ту же частоту. Вместо того, чтобы вводить величину частоты для каждого процесса отдельно, Вы можете связать все параметры частоты с переменной «Частоты». Затем между тестами (с остановленным тестом и разблокированной процедурой проведения испытаний) Вы можете использовать редактор переменных для изменения величины частоты всех процессов одновременно, не открывая ни одного из их отдельных диалогов.</p>
<b>Using MPT Variables with the Operator Information process</b> Использование переменных MPT с процессом информации об операторе	<p>При добавлении информации в обрабатывающем операторе в процедуре проведения испытаний, Вы можете изменить переменные величины, когда тест выполняется.</p> <p>Когда процедура проведения испытаний выполняется и процесс информации об операторе вызывается, показывается окно во время выполнения. Это окно требует, чтобы оператор ввел информацию, определенную проектировщиком испытаний.</p> <p>Как разработчик испытаний, Вы можете выбрать тип информации, показанной в окне времени выполнения, включая предопределенные переменные. Вы можете выбрать, какие переменные оператор может заменить в окне.</p> <p>Вы можете управлять, когда у оператора есть способность заменить переменные путем стратегического размещения процессов информации об операторе в процедуре проведения испытаний, или вложением их в повторяющиеся группы процессов.</p>
<b>Using MPT Variables with the MPT Calculation process</b> Использование переменных MPT с процессом вычисления MPT	<p>Вы можете добавить математические операторы к переменным для создания вычисляемых переменных. Вы можете сделать это двумя способами в зависимости от испытательных конструктивных соображений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– при помощи редактора переменных для добавления вычислений к отдельным параметрам в окнах процесса</li> <li>– путем добавления переменных MPT обрабатываемых в процедуре проведения испытаний в редакторе процедуры MPT {68}</li> </ul>

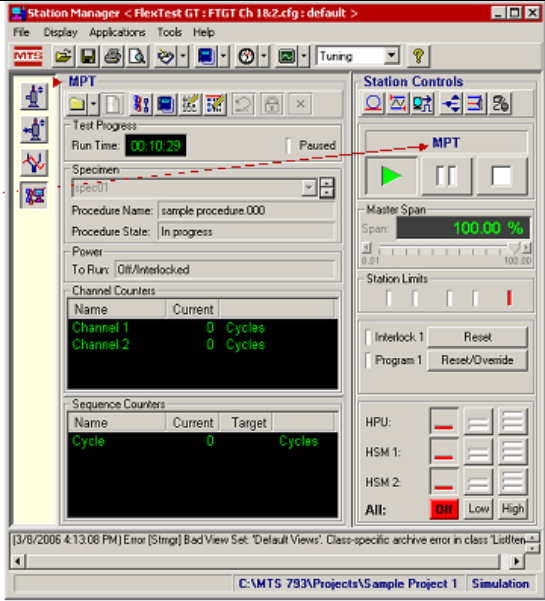
MPT Process Types / Типы процессов MPT  
Command Processes / Команды процессов

ICON	PROCESS NAME/ Имя процесса	DESCRIPTION /ОПИСАНИЕ
	<b>Segment Command</b> Команда сегмента	Produces a monotonic command signal. Производит команды монотонного сигнала.
	<b>Cyclic Command</b> Циклическая команда	Produces a cyclic command signal. Производит циклическую команду сигнала/синус
	<b>Dwell Command</b> Команда задержки/удержания	Produces a dwell (or hold) command signal. Производит задержку(или удержания), командой signal
	<b>Profile/Профиль</b>	Produces a command signal based on the contents of a "profile" created with a text editor or the Profile Editor application. Производит сигнал команды на основе содержания «профиля», создаваемый в редакторе текста или приложении редактора профиля.
	<b>External Command</b> Внешняя команда	Allows a command signal from an external source. Позволяет командный сигнал из внешнего источника программы.
	<b>Sine Sweep</b> Синусоидальная развертка	Produces a cyclic command signal, swept from one frequency to another. Производит циклический командный сигнал, развертываемый от одной частоты до другой.
	<b>Signal Based Command</b> Команда основного сигнала	Allows you to produce a command based on signal values from a predefined reference table. The reference table is contained in a text file with delimiters, defining their division (between command and signal value). Позволяет Вам производить команду на основе величин сигнала, определенных в предопределенной справочной таблице. Справочная таблица содержится в текстовом файле с разделителями, определяющими их разделение (между командой и величиной сигнала).
	<b>Profile with ALC (Optional) Профиль с ALC (опциональный)</b>	Produces an ALC compensated command signal based on the contents of a "profile" created with a text editor or the Profile Editor application. Производит ALC компенсированный сигнал команды на основе содержания «профиля», создаваемого редактором текста или приложением редактора профиля.
	<b>Cyclic with ALC (Optional) Цикл с ALC (опциональный)</b>	Produces an ALC compensated cyclic command signal. Производит компенсированный циклический сигнал команды ALC.
	Time History Output (Optional) Выход сигнала истории по времени	Produces a command signal based on an MTS RPC II or RPC III time history file. This process can also perform time history data acquisition synchronized with the command. Производит сигнал команды на основе MTS RPC II или RPC III файла истории. Этот процесс может также осуществить получение ретроспективных данных по времени, синхронизируемых с командой.

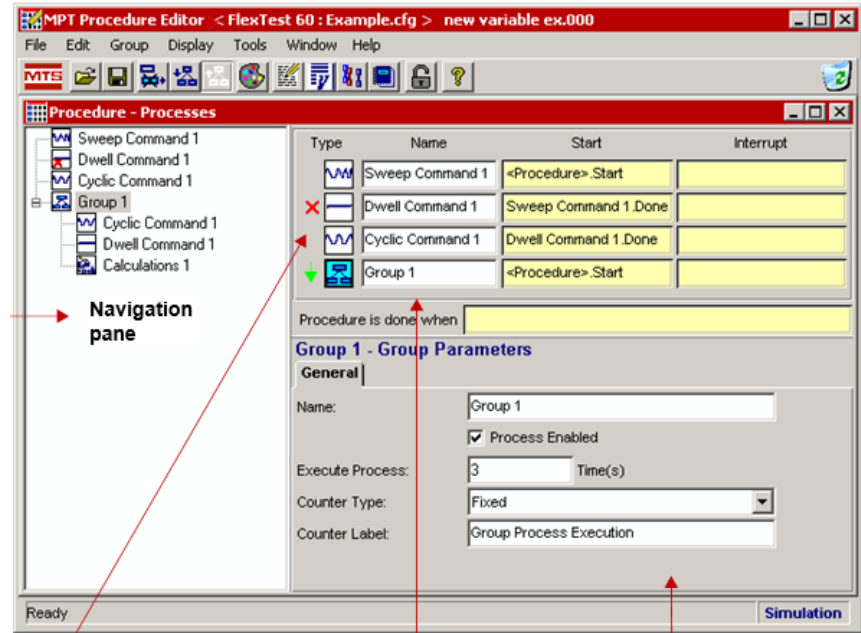
	<b>Road Surface Output (Optional)</b> Вывод дорожного воздействия (опциональный)	Производит сигнал команды, управляющий несколькими каналами станций с MTS RPC II, RPC III или RPC Pro Road Surface file/ файла дорожного воздействия RPC. {69 }
	<b>Peak/Valley Acquisition</b> Получение пика/впадины	Записывает данные о пиках/впадинах для каждого выполнения цикла.
	<b>Timed Acquisition</b> Получение по времени	Записывает данные в интервалах времени требуемых пользователем.
	<b>Max/Min Acquisition</b> Получение максимума/минимума	Записывает данные о самом высоком пике и самой низкой впадине во время цикла процесса.
	<b>Level Crossing Acquisition</b> Получение уровня разрушения	Записывает данные каждый раз выбранного сигнала при изменении указанного количества.
	<b>High Speed Timed Acquisition</b> Достижение высокой скорости	Записывает данные разрыва при высоком уровне.
	<b>Cyclic Acquisition</b> Получение цикла	Мониторит данные датчика обратной связи следующие за циклической командой. Этот процесс получает данные из обратной связи согласно равным изменениям времени, равным изменениям по амплитуде, изменению времени и амплитуде или реверсированию сигнала.
	<b>Fatigue (Optional)</b> Повреждение (опциональное)	Накапливает циклы в гистограмме, затем вычисляет повреждение на основе данных по этой гистограмме. Число повреждения также отправляется в приложение контролирующее повреждение по усталости
	<b>Time History Input (Optional)</b> Вывод истории по времени (опциональное)	Получает и оцифровывает несколько каналов аналоговых данных испытаний ответных сигналов в формате файла в RPC III.
	<b>Trend (Optional) Тренд</b> /тенденция (опциональный)	Вычисляет статистические величины по временном ряде данных. Величины хранятся на диске. Также отправляет в приложение, контролирующее тенденцию мониторинга. {70}
	<b>Data Limit Detector</b> Детектор ограничения данных	Мониторит один или несколько сигналов пределов датчика, который Вы определили.
	<b>Digital Input Detector</b> Детектор цифрового входа	Обнаруживает цифровые переходные состояния во внешних устройствах.
	<b>Operator Event</b> Оператор события	Позволяет взаимодействие оператора во время испытаний. (Например, события оператора могут показать кнопки, которые оператор должен нажать, чтобы продолжить тест).

	<b>Peak/Valley Change Detector</b> <b>Детектор изменения пика и впадины</b>	Обнаруживает изменения в амплитудах пика и впадины циклических форм волны.
	<b>Program Event</b> <b>Программируемое событие</b>	Вызывает другие процессы на основе определяемых пользователем триггерных изменений во время испытаний.
	<b>Periodic Time Event</b> <b>Периодическое событие</b>	Вызывает другие процессы на основе определяемых пользователем событий по времени.
	<b>Failure Detector</b> Детектор повреждений	Вызывает другие процессы на основе определяемых пользователем изменений в ответной реакции физического экземпляра.
	<b>Digital Output</b> Цифровой выход	Цифровые устройства вывода средств управления
	<b>Temperature Control</b> <b>Контроль температуры</b>	Программы и/или средства управления внешним управлением температуры {71}
	<b>Program Control</b> <b>Программируемый контроль</b>	Выполняет определяемые пользователем действия программы, такие как содержание программы, аннотирование/сводка программы, взаимную блокировку и определяемые пользователем действия.
	<b>Group</b> Группа	Определяет подгруппу процесса, которая может содержать один или несколько других процессов.
	<b>MPT Calculation</b> <b>Вычисление MPT</b>	Добавляют математические функции к переменным параметрам.
	<b>Operator Information</b> <b>Оператор вычисления</b>	Позволяет ввод данных оператора (чтобы записать данные в файл) во время испытаний.
	<b>Start Application</b>	Запускает триггерные и другие приложения во время испытаний.
	<b>Send Mail</b>	Allows you to send email with a predefined message and a specimen log attachment. Позволяет послать электронное предопределенное сообщение и прикрепления регистрации.
	<b>Controller Value</b> Параметры контроллера	Позволяет Вам устанавливать параметры вычисления, которые могут заменить существующие параметры вычисления, определенные приложением менеджера станции. Вы можете ввести фиксированные значения параметров вычисления или назначить переменные.
	<b>Auto Offset / Автообнуление</b>	Позволяет Вам обнулять входные сигналы, не использующиеся для активного режима управления.
	<b>Data Display</b> Вывод данных на дисплей	Plots data signals on-screen during the test. {72} Данные графиков выводятся на экране во время теста. {72}

## MultiPurpose TestWare Windows/Окна

<p><b>MPT control panel</b></p> <p>MPT main window is nested within the Station Manager application main window. When you select the MPT application from the Station Manager application, the run, stop, and hold controls on the Station Controls panel pertain to running MPT test procedures.</p>	<p>Показанная ниже панель управления МРТ, появляется в приложении прикладной части области менеджера станции.</p>  <p>{73}</p> <p>Главное окно МРТ вложено в прикладное главное окно менеджера станции. Когда выбираете приложение МРТ из менеджера станции, его выполнение/ останавливается и удерживаются средства управления на панели станции, средства управления принадлежат управлению. процедурам проведения испытаний МРТ</p>
<p><b>Procedure Editor</b> <b>Редактор процедур</b></p>	<p>Редактор процедуры МРТ содержит область, на котором Вы строите процедуры проведения испытаний МРТ путем выбора, назначения параметров на и упорядочивания отдельных испытаний процессов. Испытательные процессы представляют отдельные испытательные действия.</p> <p>Синяя стрелка, указывающая на процесс (не показано), указывает, что выполняется. Это позволяет Вам наблюдать прогресс теста.</p> <p>Красный «X» рядом с процессом указывает, что был отключен</p> <p>Зеленая стрелка, показанная внизу рядом с процессом, указывает, что запустит и затем немедленно выпустит свой сделанный сигнал, не выполняя его запрограммированную</p>

деятельность (процесс «пропущен»).

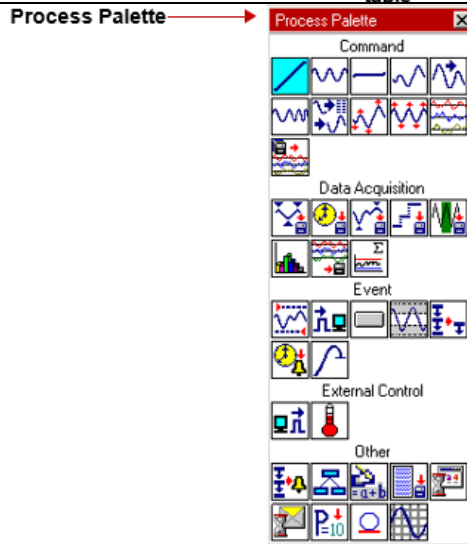


Status and progress indicators

Procedure table

Process parameter pane

**Process Palette**  
**Палеты процессов**



{75}

Индивидуальные процедуры процесса реализованы типами палетов/палитр.

Вы можете дважды щелкнуть на процессе на палитре процесса, чтобы скопировать его на стол редактора процедуры или Вы можете использовать метод перетаскивания.

**About Running Tests**


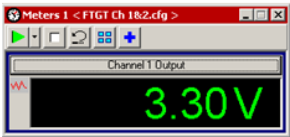
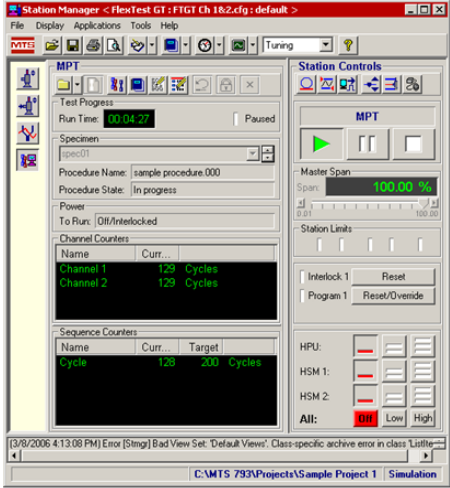
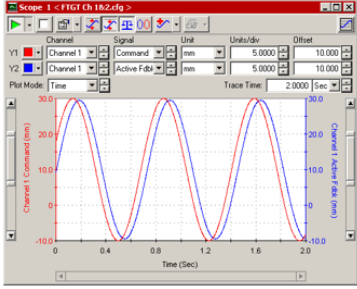
О запуске испытаний



О файлах, используемых при испытаниях

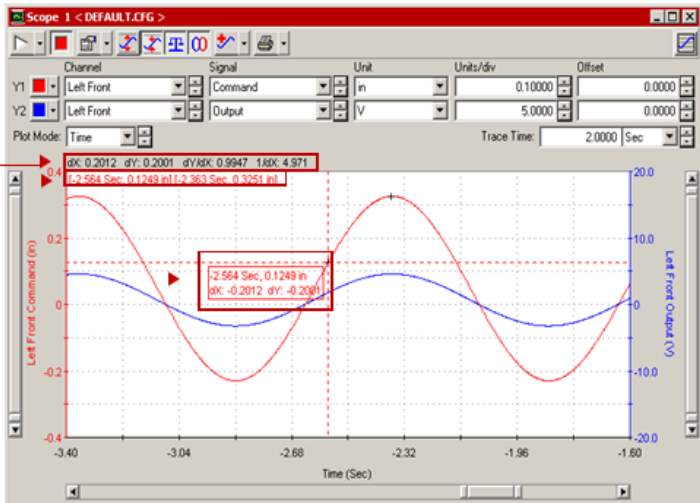


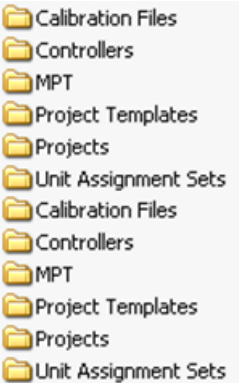
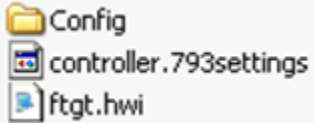
Station Manager application


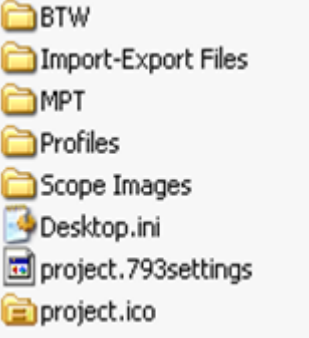
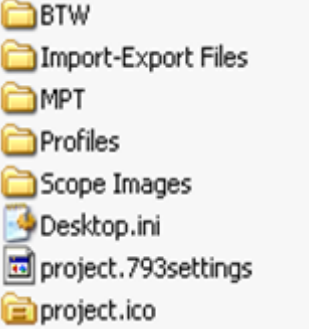
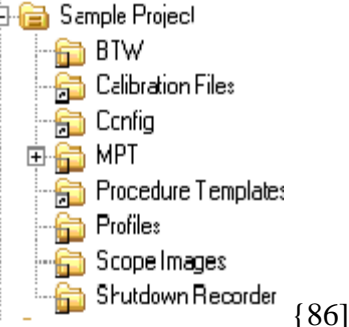
Во время фазы тестирования приложение менеджера станции управляет, как сотрудничают части системы, чтобы поддержать точность сервоуправления. Команда, как правило, обеспечивается приложением, таким как базовым TestWare или MultiPurpose TestWare.

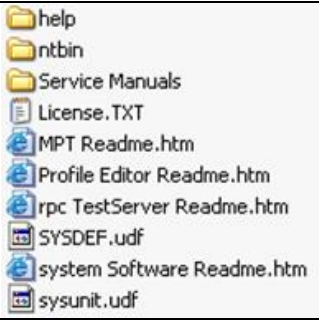
<p>Приложение менеджера станции</p>	 <p>Station Config file with Parameter set + Test design application (for example, BTW or MPT) + Test design file = Test data file</p> <p>Вы запускаете тест с панели приложения управления менеджера станции. Файлы данных испытаний выполняются согласно типа применения проекта испытаний, созданного ранее файла проекта испытаний</p>
<p>Test Desktop Стол испытаний</p>  <p>Величина выбранного сигнала на дисплее</p> <p>Прикладное главное окно менеджера станции показывает статус взаимной блокировки и пределов; остановки и поддерживаемого состояния и сгенерированных сообщений</p>	<p>Из менеджера станции средств управления в окне приложения Вы можете выполнить следующие, чтобы запустить тесты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– загрузить и перезагрузить станцию;</li> <li>– настроить пределы и детекторы ошибок;</li> <li>– контролировать гидравлическое давление в испытательной станции;</li> <li>– управлять прерыванием базового TestWare и приложениями MultiPurpose TestWare.</li> </ul> <p>Монитор выдает информацию во встроенных строках и инструментах Windows, обычно открыт при запуске теста. Окна, показанные здесь представляют весь показ некоторых элементов статуса, в то время как происходит тест, и может быть показан на рабочем столе до завершения теста, полностью. Этот пример показывает происходящий тест MPT.</p>   <p>The Scope displays the waveforms of selected signals.</p>
<p>Monitoring Test Information</p>	<p>MTS Series 793 Software includes several features for monitoring test signals and test progress.</p>


<p><b>Информация с мониторинга испытаний</b></p>	<p>Программное обеспечение серии 793 MTS включает несколько особенностей сигналов контроля испытания и прогресс испытаний.</p>																																	
<p><b>MPT Counters</b> <b>Run time counter</b> Индикатор времени выполнения MPT</p>	<p>Индикатор <b>Времени выполнения</b> показывает прошедшее время текущего теста с прошлого раза, когда он был перезагружен</p>																																	
<p><b>Channel counters</b> <b>Индикаторы каналов</b></p>	<p>Индикатор канала показывают кумулятивное количество сегментов или циклов, примененных к определенному каналу начиная с запуска теста</p>																																	
<p><b>Sequence counters</b> Указатели индикаторов</p>	<p>Указатели индикатора показывают прогресс отдельных процессов в рамках теста. Они могут быть особенно полезны для процедур, содержащих вложенные группы, потому что Вы можете настроить их для показа испытательного прогресса во вложенной структуре процедуры</p>  <table border="1" data-bbox="703 725 1254 1111"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Current</th> <th>Target</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ramp to Mean</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Fatigue Part</td> <td>0</td> <td>5 Cycles</td> </tr> <tr> <td>Return to Zero</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Acquire P/V Data</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Monitor Continuity</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Cooling Cycles</td> <td>130</td> <td>100000</td> </tr> <tr> <td>Trigger at 75C</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Switch Fan On</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Trigger at 50C</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Switch Fan Off</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Эта типовая процедура включает процесс группы, маркированный, как “цикл охлаждения/пауза”, который содержит четыре вложенных процесса (с выделенными именами меток, “Триггеры при 75C”, и т.д.) Имя показывает назначенную метку процесса. Показывает текущую величину счетчика. Указатель показывает заданное значение времени, которые процесс должен выполнить (или его повторить) или количество циклов, которые будут выполнены.</p>	Name	Current	Target	Ramp to Mean	1	1	Fatigue Part	0	5 Cycles	Return to Zero		1	Acquire P/V Data	0	1	Monitor Continuity	0	1	Cooling Cycles	130	100000	Trigger at 75C	0	1	Switch Fan On		1	Trigger at 50C		1	Switch Fan Off		1
Name	Current	Target																																
Ramp to Mean	1	1																																
Fatigue Part	0	5 Cycles																																
Return to Zero		1																																
Acquire P/V Data	0	1																																
Monitor Continuity	0	1																																
Cooling Cycles	130	100000																																
Trigger at 75C	0	1																																
Switch Fan On		1																																
Trigger at 50C		1																																
Switch Fan Off		1																																
<p><b>Input signals</b> <b>Входные сигналы</b></p>	<p>Станционная панель сигналов показывает все входные сигналы станции с их текущими величинами.</p>  <table border="1" data-bbox="687 1532 1270 1933"> <thead> <tr> <th>Signal</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Left Front Stroke</td> <td>0.0001 in</td> </tr> <tr> <td>Left Front Load</td> <td>1.000 kip</td> </tr> <tr> <td>Right Front Stroke</td> <td>0.0000 in</td> </tr> <tr> <td>Right Front Load</td> <td>0.000 kip</td> </tr> <tr> <td>Left Rear Stroke</td> <td>0.0000 in</td> </tr> <tr> <td>Left Rear Load</td> <td>0.000 kip</td> </tr> <tr> <td>Right Rear Stroke</td> <td>0.0000 in</td> </tr> <tr> <td>Right Rear Load</td> <td>0.000 kip</td> </tr> </tbody> </table>	Signal	Value	Left Front Stroke	0.0001 in	Left Front Load	1.000 kip	Right Front Stroke	0.0000 in	Right Front Load	0.000 kip	Left Rear Stroke	0.0000 in	Left Rear Load	0.000 kip	Right Rear Stroke	0.0000 in	Right Rear Load	0.000 kip															
Signal	Value																																	
Left Front Stroke	0.0001 in																																	
Left Front Load	1.000 kip																																	
Right Front Stroke	0.0000 in																																	
Right Front Load	0.000 kip																																	
Left Rear Stroke	0.0000 in																																	
Left Rear Load	0.000 kip																																	
Right Rear Stroke	0.0000 in																																	
Right Rear Load	0.000 kip																																	
<p><b>Meters display</b> <b>Окна измерений</b></p>	<p>Окно измерений может показать до 16 окон на станцию одновременно. Следующие данные могут быть показаны для любого определенного входного сигнала:</p>																																	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– синхронизированные данные;</li> <li>– данные о пике/впадине;</li> <li>– средние/амплитудные данные;</li> <li>– максимальные/минимальные значения.</li> </ul> <p>Окна измерений могут быть выровнены на рабочем столе вертикально, горизонтально, или в сетке. Показы окон могут быть размещены в Вашем предпочтении.</p>
<p><b>Scope display</b> <b>Индикаторный дисплей</b></p>	<p>Окно просмотра в приложение менеджера станции является осциллографом. Вы можете использовать его для выведения сигналов по времени, частоты и друг против друга. Вы можете создать до четырех визуализируемых окон на станцию и составить в целом четырех пар сигнала за объем.</p> <p>Примечание. Для описания отдельных средств управления и индикаторов, смотрите руководство MTS серии 793 Control Software (PN 100-147-130).</p> <p>Вы можете скорректировать время следа, и измерять таким же образом с осциллографа. Вы можете также выбрать автовычисление и сброс.</p> <p>Вы можете использовать функцию программного управления окном просмотра для автоматического запуска графика при запуске испытаний.</p> <p>Вы можете также использовать окномпросмотра, чтобы выводить один канал против другого и получить график по частотам, а не только временном интервале.</p>
<p><b>Data point display box</b> Окна показа точки данных</p> <p><b>Marker delta display</b> <b>Marker coordinates display</b> Показ дельты маркера Координаты маркера</p> <p><b>New marker with data point display box</b> Новый маркер с точкой данных на окне показа</p>	<p>Окно просмотра также показывает историю процесса, для серии 793 версии программного обеспечения 4.0 или позднее. Вы можете также выбирать и рассматривать отдельные точки данных. {80}</p> <p>Когда Вы накладываете курсор на график, он становится крестиком прицела графика. С ним Вы можете выбрать отдельные точки данных на графике и видеть их точные координаты в осях в связанной полях показа.</p> 
<p><b>Chapter 5</b> <b>Installed 793 Files</b></p>	<p>Глава 5 Установленные файлы 793</p>

<p><b>File Types and Locations</b>          Типы и расположение файлов</p>	<p>При установке программного обеспечения 793 серии на РС (версии 4.0 и позднее), файлы размещаются в следующих месторасположениях по умолчанию:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– C:\MTS 793;</li> <li>– C:\Program Files\MTS 793;</li> </ul> <p>Файлы и папки, включенные в инсталляцию серии 793 разделены по следующим категориям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– информация о системе;</li> <li>– информация о контроллере;</li> <li>– информация о проекте;</li> <li>– информация о программе.</li> </ul>
<p><b>About System Information</b>          О системной информации</p>	<p>Папки и файлы в корне установки 793 серии у могут считаться информацией «о системе».</p>  <p>Отдельные проекты в папке Projects могут получить доступ к общей информации на этом уровне. Например, все проекты могут получить доступ к:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– калибровочным данным, относящиеся к кондиционерам системы испытаний и датчикам в папке Calibration Files;</li> <li>– конфигурации станции и файлам поддержки в папке Controllers;</li> <li>– шаблонам процедуры проведения испытаний (по умолчанию 000) MultiPurpose TestWare в папке MPT;</li> <li>– шаблонам проекта в папке Project Templates.</li> </ul> <p>Эта архитектура облегчает архивирование и запасные функции путем ограничения объема информации, сохраненного в проектах</p>
<p><b>About Controller Information</b>          Об информации по контроллеру</p>	<p>Папки и файлы в папке Controllers, такие как папка Config и файл интерфейса аппаратных средств (.hwi), могут считаться информацией о «контроллере». Информация о контроллере принадлежит файлам и настройкам, относящимся к определенному физическому контроллеру (или контроллерам), включенных в Вашу испытательную систему.</p>  <p>Эта организация отделяет информацию о проекте от файлов и настроек, которые характерны для контроллера, такие как файл интерфейса аппаратных средств (.hwi) и файлы настроек контроллера.</p>

	
<p><b>About Project Information</b> Об информации проекта</p>	<p>Папки и файлы в определенных папках Project, включая BTW, импорт - экспорт, MPT, профили, и папка Scope Images и файл настроек проекта (проект 793settings), могут считаться информацией о «проекте».</p>  <p>Информация проекта хранится непосредственно в отдельных папках Project.</p> 
<p><b>References to other types of information</b> Ссылки на другие типы информации</p>	<p>Отдельные папки Project также включают ссылки на другие типы информации по серии 793. При просмотре из менеджера проектов информация, на которую ссылаются, показана в папках с аннотациями стрелами, как показано ниже.</p> 
<p><b>About Program Information</b> Об информации по программе</p>	<p>Папки и файлы в папке Program Files включают исполняемые файлы, определяемые единицы (.udf) файлы, пользовательской документации (PDFs) и файлы чтения. Эта информация заменяется при установке обновления программного обеспечения серии 793.</p>

	
<b>Chapter 6</b> <b>Perform a Practice Test</b>	Глава 6 Выполнение практического теста
<b>About Setting Up a Practice Test</b> О подготовке практического теста	<p>Этот раздел включает поэтапные инструкции по практическом выполнении теста. Цель этой процедуры состоит в том, чтобы просто помочь Вам изучить, как использовать Вашу систему.</p> <p>При выполнении этого теста Вы будете:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбирать проект в начале теста и рассматривать данные испытаний, сохраненные в проекте в конце теста;</li> <li>– установите пределы ограничений и вручную разместите привод для установки экземпляра;</li> <li>– подавать гидравлическое питание к испытательной системе;</li> <li>– скорректируйте настройки усилия;</li> <li>– проведите тест монитора сигналов в величинах и окне просмотра:</li> <li>– создайте файл проекта испытаний с базовым применением TestWare;</li> <li>– запускать и останавливать тест.</li> </ul> <p>Прежде чем Вы сможете выполнить этот тест, Вы должны определить статус установки своей системы.</p>
<b>If MTS has set up your controller</b> Если Ваш контроллер настроен MTS	<p>Клиенты MTS, как правило, получают свой контроллер серии 793 в следующем состоянии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– с созданным первоначальным проектом, конфигурационным файлом станции, параметрами настройки;</li> <li>– датчики откалиброваны и сервоклапан откорректирован;</li> <li>– настраивающие параметры смещения оптимизированы.</li> </ul> <p>(настраивающие параметры усилия могут также быть оптимизированы, но как правило должны корректироваться для отдельных экземпляров и часто между тестами).</p> <p>При выполнении этих действий MTS для вашего контроллера, Вы можете запустить практический тест.</p> <p>Если MTS не выполнил эти действия для вашего контроллера, Вы должны выполнить следующие действия прежде, чем выполнить тест.</p>
<b>If you are going to set up your controller</b> Если Вы собираетесь настроить свой контроллер	<p>Если Вы установили программное обеспечение серии 793 на своей системе и настроили Ваш контроллер сами Вы должны будете сделать следующее прежде, чем выполнить тест практически:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– установите серийное 793 программное обеспечение;</li> <li>– настройте Проект (как правило, выполняемый во время установки программного обеспечения);</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– создайте конфигурационный файл станции;</li> <li>– откалибруйте датчики;</li> <li>– выполните корректировки сервоклапана;</li> <li>– настройте систему.</li> </ul> <p>Для выполнения последовательности установки программного обеспечения серии 793 см. файл readme инструкции по установке по серии 793 System Software на CD и следуйте за инсталляционным визартом.</p> <p>Для выполнения остающихся задач посмотрите руководство по настройке и калибровке серии 793 MTS.</p> <p>Вы можете также посчитать необходимым посмотреть следующие руководства:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– руководство Utility Software серии 793 MTS - чтобы установить или отредактировать файл аппаратных средств, отражающий любые изменения аппаратных средств системы.</li> <li>– руководство Control Software серии 793 MTS – чтобы найти детальную информацию об использовании управления программным обеспечением серии 793.</li> <li>– Другие руководства MTS - Вы можете получить дополнительные руководства MTS, предоставляющие инструкции для поддержания и работы Вашей испытательной системой.</li> </ul>
<p><b>Steps to Run a Test</b> Шаги запуска испытаний</p>	<p> <b>WARNING</b> Предупреждение</p> <p>Неправильная настройка контроллера может привести к неожиданному движению привода.</p> <p>Неожиданное движение привода может ранить персонал и повредить испытательное оборудование.</p> <p>Гарантируйте, что Ваш контроллер настроено правильно прежде, чем попытаться выполнить тест.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Включите питание устройства контроллера и РС.</li> <li>2. Запустите приложение менеджера станции и выберите проект.</li> </ol> <p><b>A.</b> С Вашего рабочего стола запустите приложение менеджера станции: Запуск&gt; Программы&gt; имя программного обеспечения MTS 793 (например, FlexTest GT)&gt; менеджер станции.</p> <p><b>B.</b> Как только менеджер станции загрузит приложение, Вам необходимо выбрать проект. Выберите существующий проект, созданный для Вашей системы.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Подайте гидравлическое давление.</li> </ol> <p>При включении контроллера будет установлена гидравлическая взаимная блокировка. Выполните последовательности панели средств управления Станции:</p> <p><b>A.</b> Очистка системных блокировок.</p> <p>Нажмите Reset. Если индикаторные лампочки блокировки загорятся снова, определите причину блокировки и исправьте ее перед продолжением.</p>

**В.** Если средства управления HPU присутствуют, нажмите



(Low) и затем



кнопки (High).

**С.** Если средства управления HSM присутствуют, нажмите

(Low) и затем



кнопки (High).

4. Откорректируйте настройку усиления.

**А.** С панели инструментов выберите уровень доступа настройки (или выше). Вы должны будете ввести пароль, создаваемый при установке.

**В.** Из прикладной панели управления выберите генератор функций. {89}

**С.** Выберите следующие настройки в генераторе функций.

**CONTROL SETTING** Установки управления

**Channel** Channel Канал 1

**Control Mode** Режим Force

**Command Type** Тип команды Cyclic

**Target Setpoint** Заданное значение 0 kN

**Amplitude** 10% of full scale Амплитуда 10% полного масштаба

**Frequency** Частота 1 Hz

**Wave Shape** Ramp



Предупреждение

Зона разрушения существует между приводом и любым оборудованием на пути его движения.

Возможна непосредственная и неожиданная реакция привода, когда Вы подаете гидравлическое давление на свою систему. Исключите актуаторы, избегайте приводов при воздействии гидравлического давления. Не помещайте часть своего тела на пути движущегося привода.

**Е.** Установите фиктивный экземпляр, соответствующий испытываемому экземпляру.

– На панели инструментов панели средств управления станции щелкните на символе ручной команды:

– щелкните, чтобы выбрать опцию Enable Manual Command.

– выберите режим управления перемещения;

– скорректируйте ручной ползунок команды для расположения привода при установке экземпляра;

– переключите на режим управления усиления.

**Ф.** скорректируйте настройки усиления P и D в PID управлении:

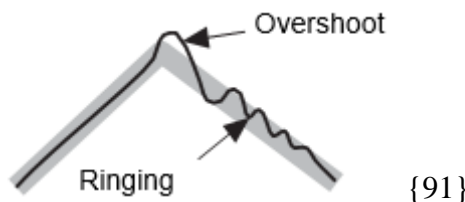
– запустите генератор функций путем нажатия на запуск программы управления и наблюдайте получающуюся форму волны относительно ее величины;

– из меню Display выберите установку станции;

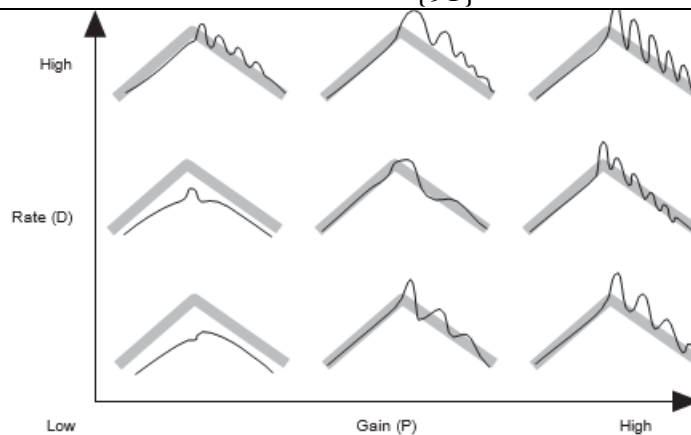
– из структурного вида раскройте каналы, затем выбранный канал 1;

– щелкните по настраиваемому символу для показа настраиваемых средств управления корректировкой;

- увеличьте регулировку усиления P, пока Вы не будете видеть небольшое превышение и пульсации на экране окна;
- медленно увеличивайте регулировку усиления D для сокращения превышения и пульсации. Следует иметь в виду, что небольшие корректировки D могут иметь большие эффекты на Вашу систему;
- повторите корректировки усиления P и D, пока Вы не достигнете оптимальной формы волны.



The middle waveform is the optimum waveform. In some cases the waveform will have no overshoot or ringing. Средняя форма волны является оптимальной формой волны. В некоторых случаях форма волны не будет иметь никакого превышения



5. Установите испытуемый образец.

**A.** Выберите режим управления смещения для теста образец установки.

**B.** Установите испытуемый образец.

– включите управление вручную командой на панели средств управления станции.

– скорректируйте команду вручную для расположения привода как требуется.

**C.** Переключите на режим управления усилия.

6. Установите пределы и действия испытаний.

На панели средств управления станции щелкните по символу датчиков.

Установите верхние и нижние пределы и связанные действия в соответствии требуемых испытаний.

Например, Вы можете хотеть скорректировать предельные датчики перемещения для ограничения перемещения штока поршня. Это останавливает тест, когда образец находится на пороге его полного повреждения.

Кроме того, Вы можете скорректировать предельные значения датчиков усилия для остановки теста, если шток поршня прикладывает чрезмерную сумму усилия к образцу.

Это сводит к минимуму вероятность непреднамеренного повреждения датчика нагрузки и образца.

	<p>Также, Вы можете захотеть скорректировать ограничения датчика для остановки теста, если ошибка между командой и обратной связью становится чрезмерной. Это останавливает тест, когда Ваша станция больше не может выполнять запрограммированные загрузки. {92}</p> <p>7. Настройте монитор испытаний. Настройте величины в окнах, чтобы контролировать желаемые сигналы испытаний.</p> <p>8. Настройте программу испытаний.</p> <p><b>A.</b> В прикладном окне управления выберите базовый TestWare.</p> <p><b>B.</b> В таблице команд установите следующее: Гарантируйте, что целевое заданное значение и амплитудные величины подходят для Вашего конкретного образца; CONTROL SETTING / Установки управления Type Cyclic / Циклический Channel / Канал 1 Control Mode / Режим управления Force/Усилие Target Setpoint/заданное значение Guideline/по инструкции : 25% of full scale/полного значения Amplitude/Амплитуда Guideline: 10% of full scale Frequency / Частота 1 Hz Wave Shape/Волновая форма Sine Tapered/ Синус заостренный Compensator None / КомпенсаторНет Start Action / Запуск действия Disabled / Done Action /Выполнение действия Disabled/ Отключен {93}</p>
	<p><b>C.</b> In the Data Acquisition tab, set the following: В таблице получаемых данных установите CONTROL SETTING /Установки управления Type Timed/ по времени Signals Included Channel 1 Output Time Between Points default/ Время между точками по умолчанию Buffer Size/ Размер буфера 2048 Buffer Type Linear /Линейный УПРАВЛЕНИЕ УСТАНОВКА Тип по времени Включенные сигналы Канал 1 Вывод Время между точками по умолчанию Размер буфера 2048 Тип буфера Линейный</p> <p><b>D.</b> В таблице данных <b>Data File</b>, установите следующее: CONTROL SETTING /Установки управления Destination File Test Default Data Header /Файл назначения заголовок данных испытаний по умолчанию. Выберите “First Test/первый тест” режим файла данных. Установите формат файла данных/Plain /Добавляемый</p> <p><b>E.</b> Закройте окно установки испытаний. {94}</p>

	<p>9. Запустите тест.</p> <p><b>А.</b> Гарантируйте, что следующее верно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– взаимные блокировки правильны;</li> <li>– высокое гидравлическое давление подается на станцию;</li> <li>– настраиваемые параметры загрузки оптимизированы;</li> <li>– испытываемый экземпляр установлен;</li> <li>– ограничения установлены и действия назначены;</li> <li>– программа испытаний настроена;</li> <li>– осциллографическое окно в метрах настроено для желаемого контроля теста.</li> </ul> <p><b>В.</b> На панели средств управления станции нажмите кнопку запуска программы теста. При желании нажмите кнопку Program Stop для окончания теста.</p> <p>10. Обзор данных испытаний.</p> <p><b>А.</b> Запустите приложение менеджера проектов и выберите текущий проект.</p> <p><b>В.</b> Нажмите на папку BTW для просмотра названия связанного файла данных.</p> <p><b>С.</b> Нажмите на файл данных для рассмотрения его содержания в окне представления. {95}</p>
<p><b>Chapter 7</b> <b>Documentation</b> Глава 7 Документация</p>	<p>Следующее описывает руководства, которые могут сопровождать 793 контроллер (относится к 793 версиям 5.1 программного обеспечения и позднее).</p>
<p><b>Series 793 Controller</b> <b>Manuals</b> Руководства контроллеров 793</p>	
<p><b>MTS Series 793 Control</b> <b>Software manual</b> Руководство ПО серии 783</p>	<p>Contains user information and software reference for the applications in the Model 793.00 System Software bundle. This includes the following applications:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Project Manager;</li> <li>– Station Builder;</li> <li>– Station Manager;</li> <li>– Basic TestWare;</li> <li>– Station Desktop Organizer.</li> </ul> <p>Содержит информацию о пользователе и руководство по программному обеспечению для применения модели 793.00 со связанным системным ПО/System Software. Это включает следующие приложения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– менеджер проектов;</li> <li>– построитель станции;</li> <li>– менеджер станции;</li> <li>– базовый TestWare;</li> <li>– организатор рабочего стола станции.</li> </ul> <p>Вместе эти приложения выполняют действия, сосредоточенные вокруг поддержания сервоуправления испытательной станции. Это руководство включает информацию по дополнительным компенсаторам.</p>

<p><b>MTS MultiPurpose TestWare and Series 793 Application Software manual (optional)</b>          MTS MultiPurpose TestWare и руководство серии 793 по приложению программного обеспечения (дополнительное)</p>	<p>Содержит информацию о пользователе и руководство по программному обеспечению для модели 793.10 MultiPurpose TestWare и другого прикладного программного обеспечения серии 793, обеспечивающих расширенный проект испытаний, мониторинг данных и аналитическую возможность контроллеров серии 793 MTS. Это руководство включает информацию о следующих приложениях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– модель 793.11 Редактор профиля;</li> <li>– модель 793.12 Монитор тенденции;</li> <li>– модель 793.13 Планирование сбора данных;</li> <li>– модель 793.14 Контроль усталости;</li> <li>– модель 793.19 Запуск/выполнение испытаний по надежности по времени;</li> <li>– модель 793.71 История испытаний по времени Playout;</li> <li>– модель 793.72 Получение ретроспективных данных во времени {97}</li> </ul>
<p><b>MTS Series 793 Utility Software manual</b>          Руководство по утилите ПО серии 793</p>	<p>Содержит информацию о редакторе файлов .hwi MTS и утилите программного обеспечения MTS Controller Management Tool, Руководство редактора файлов .hwi содержит инструкции для создания и редактирования файлов интерфейса аппаратных средств, определяющих ресурсы аппаратных средств, доступные для Вашей системы испытаний. Руководство инструмента управления контроллера содержит инструкции для обслуживания контроллеров FlexTest SE MTS.</p> <p><b>Отметим.</b> Это руководство доступно только в электронной форме в формате документа файла (PDF).</p>
<p><b>MTS Series 793 Tuning and Calibration manual</b>          Руководство по настройке и калибровке серии 793 MTS</p>	<p>Содержит корректировку сервоклапана, настройку и процедуры калибровки для электроники серии 493 и 497, включенной в контроллеры серии 793.</p>
<p><b>MTS Model 493.04 PC-Per-Station manual</b>          Руководство по модели 493.04 станцию с PC</p>	<p>Содержит информацию об установке модели 793.04 PC-Per-Station option, позволяющую Вам использовать до четырех PC с одним контроллером.</p>
<p><b>MTS Model 493.05 Remote Station Controller (RSC) manual</b>          Руководство по удаленному контролю на контроллере (RSC) модели 493.04</p>	<p>Содержит информацию о пользователе для портативного RSC, позволяющего Вам выполнять действия на станции вдали от PC</p>
<p><b>MTS Model 494.05 Handset manual</b>          Руководство ручному управлению модели 494.05 MTS</p>	<p>Содержит информацию о портативном ручном устройстве 494.05, позволяющем выполнять действия по станции вдали от PC.</p>
<p><b>MTS Series 793 Control Software Options manual</b></p>	<p>Содержит пользовательскую информацию по степени свободного контроля модели 793.15</p>

Руководство по опциях ПО серии 793 MTS	Степень Degree of Freedom Control и трех программных опциях переменного контроля модели 793.16 Three Variable Control.
<b>MTS Models Controller Hardware manual</b> Руководство ПО контроллера моделей FlexTest IIм/GT/SE/MTS	Содержит установку кабельных соединений, переключателей и информацию об интерфейсе аппаратных средств для 793 контроллера MTS, оборудованных электроникой серии 493/497/497. <b>Отметим.</b> Это руководство доступно только в электронной форме в портативном формате файла документа (PDF).
<b>MTS Models FlexTest 40/60/100/200 Controller Hardware manual</b> Руководство ПО контроллера моделей FlexTest 40/60/100/200 MTS	Содержит установку кабельных соединений, переключателей и информацию по программному интерфейсу контроллера 793 MTS, оборудованные электроникой серии 494. <b>Отметим.</b> Это руководство доступно только в электронной форме в формате файла документа (PDF).
<b>MTS FlexTest SE Users manual (FlexTest SE Controllers only)</b> Руководство пользователя FlexTest SE MTS (только контроллера FlexTest SE)	Содержит пользовательскую информацию и процедуры выполнения общих задач с контроллерами FlexTest SMTS E, в обеих автономных и автоматизированных конфигурациях. Это включает описания всех средств управления на передней панели, показов и дополнительных функций. Это также описывает, как контроллер FlexTest SE взаимодействует с управлением MTS 793 и прикладным программным обеспечением при использовании автоматизированной конфигурации. {98}
<b>Other 793 Documents</b>	<b>Другая документация 793</b>
<b>Readme Files</b> Файлы Readme	Все приложения, включенные в серию 793 группа ПО/System Software (и все дополнительные приложения), поставляются в отдельном файле Redmi. Файлы Redmi содержат информацию появившихся неисправностях, ошибках, особенностях приложений и известных проблемах и работе окружений и их устранении. Чтобы получить доступ к файлам Redmi 793 серии выберите: Запустить> Программы> название программного обеспечения MTS 793 (например, FlexTest GT)> Файлы Redmi.
<b>Series 793 Installation Instructions</b> Инструкция по установке серии 793	Серия 793 MTS ПО/System Software на CD включает инсталляционный визард. Открывающийся визард обеспечивает доступ к документу (формат PDF), описывающему, как установить программное обеспечение 793 серии на Вашем PC.
<b>Troubleshooting Information</b> Поиск информации и устранение неисправностей	Предоставлены два документа поиска и устранения неисправностей, “Troubleshooting Network Problems” и “Диагностируя сетевых проблем”, чтобы помочь Вам установить и загрузить программное обеспечение серии 793 во различных сетевых средах. Для доступа к файлам поиска и устранения неисправностей доступа наберите:

	Запустить> Программы> название программного обеспечения MTS 793 (например, FlexTest GT)> Сервисные инструменты. {99}
<b>Other MTS Documents Included with Your</b>	Системные другие документы MTS, поставляемые с Вашей системой
<b>System reference manual (optional)</b> Системное (дополнительное) справочное описание	При покупке испытательной системы она может включать ряд системных справочных описаний, принадлежащих компонентам аппаратных средств в испытательной системе, таким как крепление/fixturing, насосную гидравлическую станцию, актуаторы/приводы, и т.д. Системные справочные руководства представлены/связаны в серых трех папках с металлическими кольцами и организованы с разделенными вкладками. Каждый их раздел может содержать руководства продукта, системных рисунков (такие как монтажные схемы и схематика), или спецификации деталей.
<b>Operation and maintenance manuals</b> Руководства по эксплуатации и техобслуживанию	Некоторые испытательные системы включают руководство эксплуатации, описывающее, как использовать Ваш контроллер для выполнения тестов на определенных типах приспособлений испытаний. Испытательные системы могут также включать обслуживание и информацию об установке аппаратных средств.
<b>Safety manual</b> Руководства по безопасности	Руководство по безопасности содержит общую практику безопасности для работы с сервогидравлическим испытательным оборудованием. Вы должны прочитать и понять информацию в этом руководстве перед использованием Вашей системы.
<b>MTS System Documentation CD</b> Системная документация MTS на CD	Ваша испытательная система может также включать системную документацию MTS на CD. Этот CD содержит электронную копию всех руководств MTS, принадлежащих Вашей испытательной системе, включая руководства контроллера, гидравлических и механических составляющих руководств, сборочные чертежи и спецификации деталей, и руководства профилактическому техобслуживанию и техническому обслуживанию. {100}

## 5.2 Удаление нагрузок с низким уровнем нагружений

5.2.1. Удаление нагрузок с низким уровнем нагружений, является фишкой MTS, реализованной в пакетах RPS Connect / RPC pro-793 [19, 20]. В них используется метод “дождя” [9]. Основная задача ПО MTS заключается в замене реального нагружения на систематизированное, приведенного к блоку циклов методом “дождя”.

Схематизация по методу "дождя" приведена на рисунке 5.3. Схематизацию удобнее рассматривать, когда ось времени направлена вертикально вниз. Пусть линии, соединяющие соседние экстремумы - это последовательность крыш, по которым стекают потоки/капли дождя по крыше

пагоды. Номерам максимумов соответствуют нечетные числа, номерам минимумов - четные.

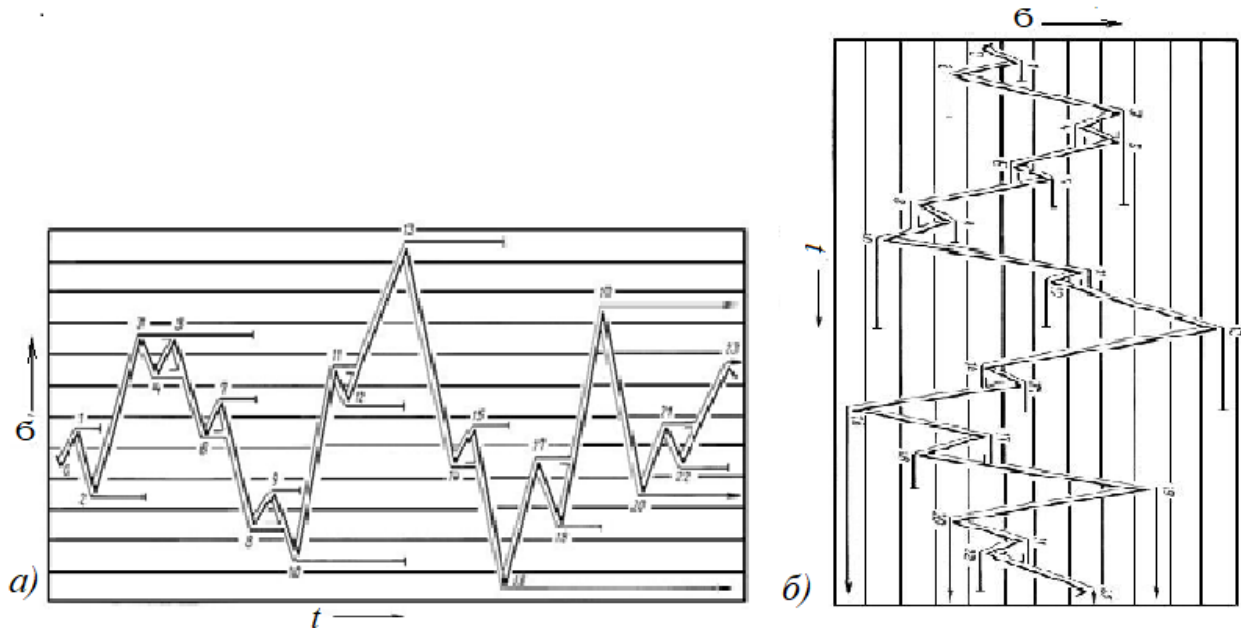


Рисунок 5.3 – Схематизация по методу "дождя"

Траектории потоков стекания капель дождя по пагоде согласно ГОСТ 25.101-83 определяют в соответствии следующим правилам:

1. Потоки начинаются с внутренней стороны экстремумов последовательно. Каждый поток определяет полуцикл нагружения. Величину размаха определяют проекцией траектории потока на ось нагрузки.

2. Поток, начавшийся в точке максимума, прерывается в тот момент, когда встретится максимум больший, чем исходный. Например, поток из максимума 1 стекает по направлению к максимуму 2 и прерывается напротив максимума 3, поскольку он больше исходного.

3. Поток, начавшийся в точке минимума, прерывается, когда встретится минимум меньший, чем исходный. Например, поток из точки 10 прерывается напротив 16, поскольку минимум 16 меньше исходного.

4. При встрече на одной из крыш нескольких потоков, движение продолжает тот, который берет начало в экстремуме с меньшим номером, а остальные прерываются. Например, поток из точки 5 продолжает свой путь, а потоки из точек 7 и 9 прерываются.

5. Поток, не встретивший препятствий, падает на землю, например, поток из максимума 19.

Фирма MTS на своих семинарах [1] реализует такой же подход (рисунки 5.4, 5.5).

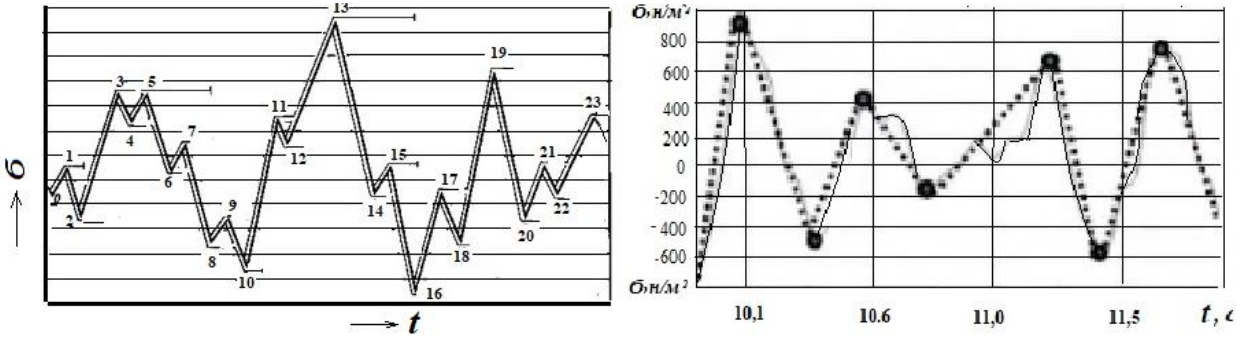


Рисунок 5.4– Метод “дождя”, используемый MTS

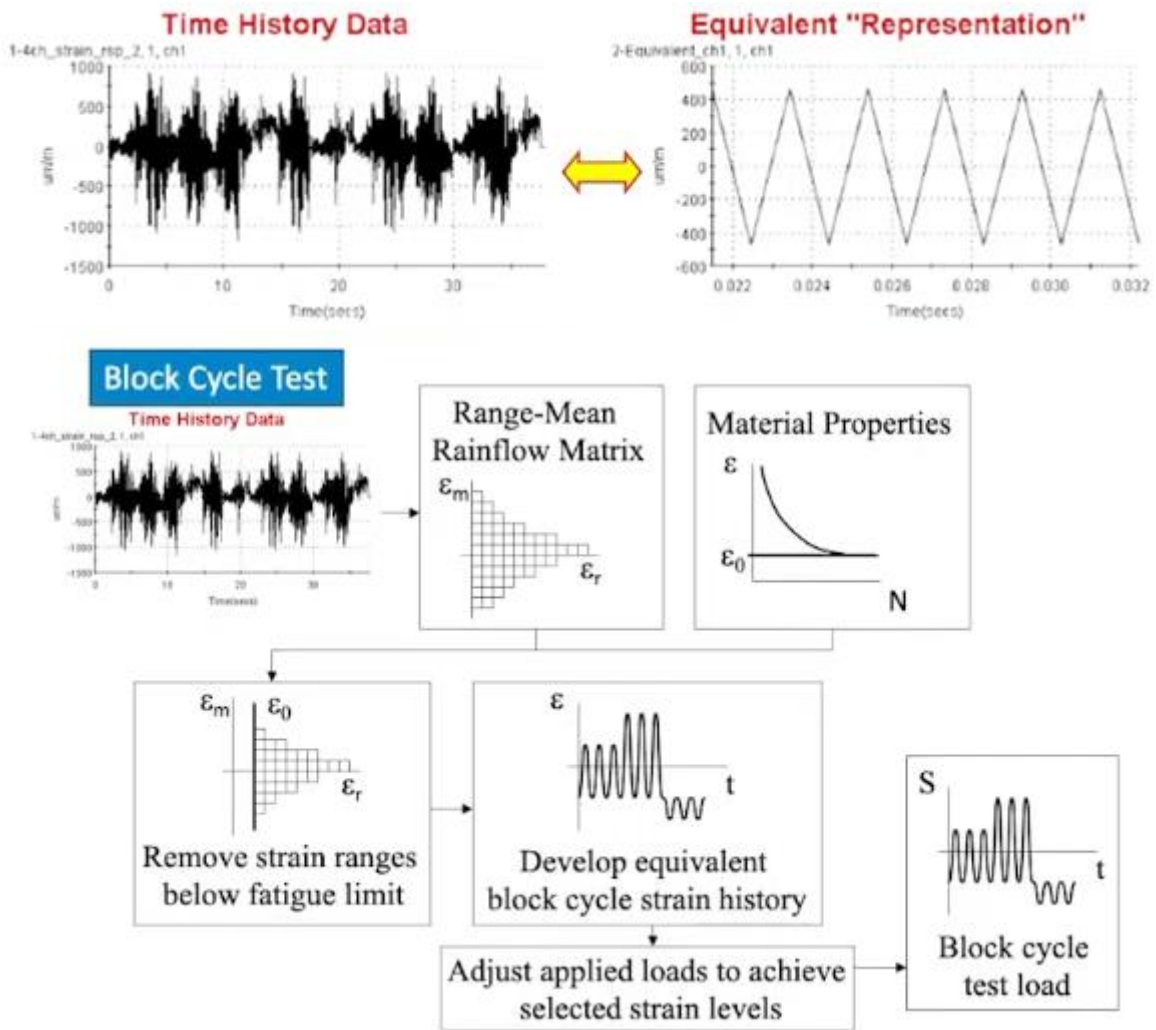


Рисунок 5.5 – Систематизация нагруженности образца или узла на стендах MTS

Метод "дождя" позволяет ввести схематизацию в режиме реального времени. При этом запоминают лишь траектории потоков дождя и обработку проводят по мере ввода экстремумов.

### 5.2.2 Приведение асимметричных циклов нагружения к эквивалентным симметричным

Для учета влияния асимметрии цикла нагружения при определении характеристик сопротивления усталости элементов машин и конструкций, полученные в результате схематизации корреляционные таблицы преобразуют в однопараметрические таблицы распределения эквивалентных амплитуд (в смысле вносимого усталостного повреждения). Приведение осуществляют по формуле

$$x_{npj} = \begin{cases} x_{aj} + \varphi x_{mj}, & \text{при } x_{mj} > 0, \\ x_{aj}, & \text{при } x_{mj} \leq 0, \end{cases}$$

где  $\varphi$  - коэффициент чувствительности к асимметрии цикла нагружения,  $x_{aj}$ , - амплитуда напряжений.

Коэффициент чувствительности к асимметрии цикла нагружения для сталей выбирают по ГОСТ 25.504-82 либо определяют экспериментально для других материалов.

В ряде случаев более удобным является получение однопараметрических распределений приведенных амплитуд по последовательности амплитуд и средних нагрузок каждого выделенного цикла нагружения  $x_{aj}$ ,  $x_{mj}$  без использования корреляционных таблиц.

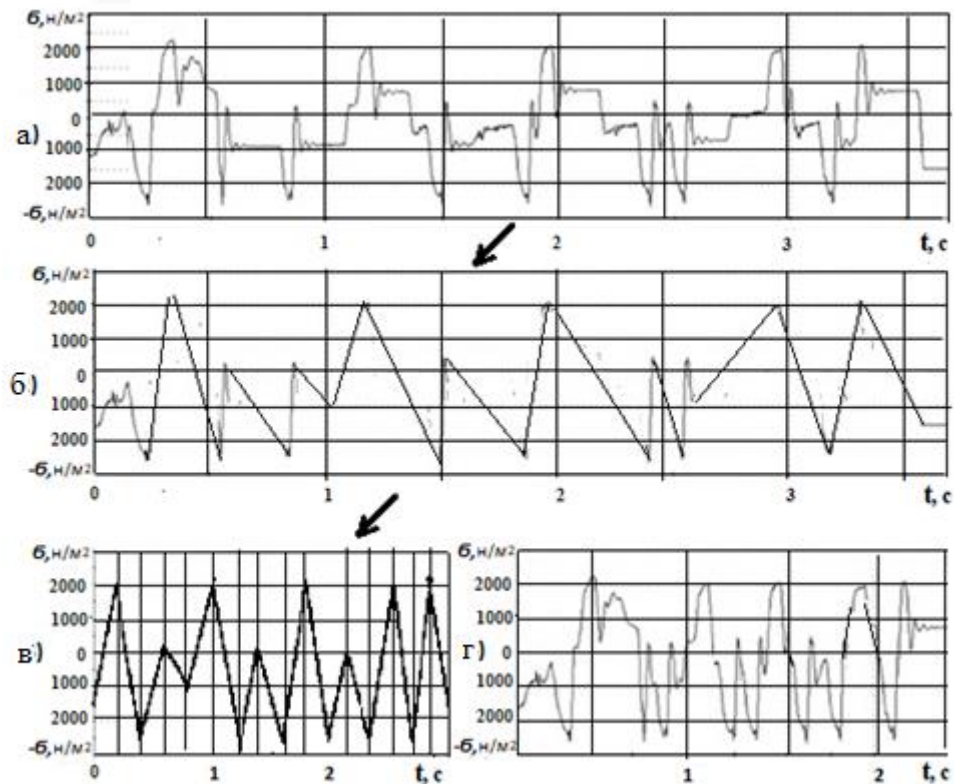
Метод «дождя» позволяет ввести схематизацию в режиме реального времени. При этом запоминают лишь траектории потоков дождя и обработку проводят по мере ввода экстремумов.

Возможна реализация двумя способами:

- классическим, когда в начале определяются точки экстремумов (рисунок 5.3). На их основе рассчитываются блоки циклов (рисунок 5.4);
- путем удаления промежутков с низким уровнем нагружений и склейки участков (рисунок 5.3, 5.6).

По первому способу испытания обычно проводятся на фиксированной частоте (обычно 2-3 Гц для воздействия на узлы автомобиля). Это зависит от вида испытаний. Картерные узлы, детали могут реализоваться и при большей частоте. Здесь необходимо учитывать возможность резонанса в них. Так БелАЗ испытывает рамы карьерных самосвалов [19], используя резонанс в них, чтобы снизить затраты по мощности гидропульсаторов. Но в этом случае есть опасность, что при изменениях конструкции могут получиться некорректные результаты из-за изменения амплитуды и частоты резонанса испытываемого узла. MTS рекомендует использовать пилообразный сигнал для

испытаний. По их мнению, этот сокращает энергозатраты на испытания и упрощает реализацию программного обеспечения.



**Рисунок 5.6 – Преобразование сигнала нагруженности при методе “дождя” (а. б. в), при удалении с низким уровнем нагружений (г)**

Второй способ больше подходит для проведения вибрационных испытаний всего автомобиля, кабины, рамы (из-за воздействия на нее вибраций топливных баков, аккумуляторных ящиков), двигателя, выхлопной системы и т.п. Вместе с тем первоначальные вибрационные испытания необходимо проводить на реальном возмущении (рисунок 5.7, см. гл. 2).

Другим фактором является необходимость учета разброса кривой усталости материала испытуемого образца (ее кривой вероятности), на что обращает MTS в своих семинарах [1] (рисунок 5.8).



Рисунок 5.7 – Вибрационные испытания кабины на КАМАЗе

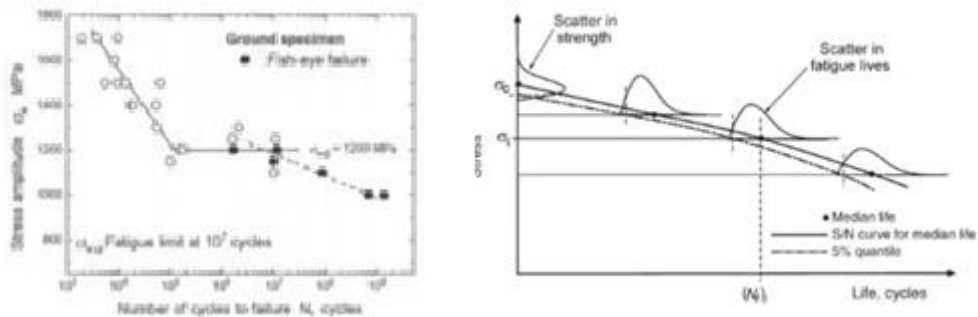
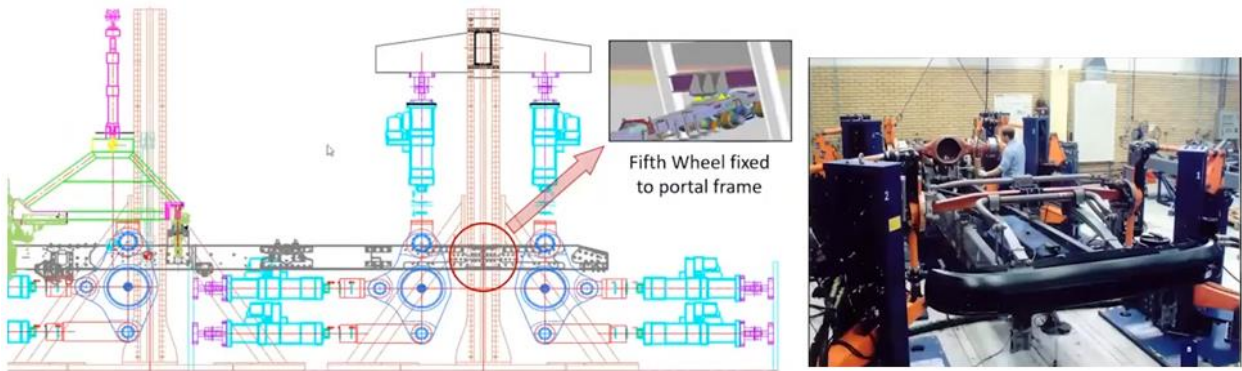


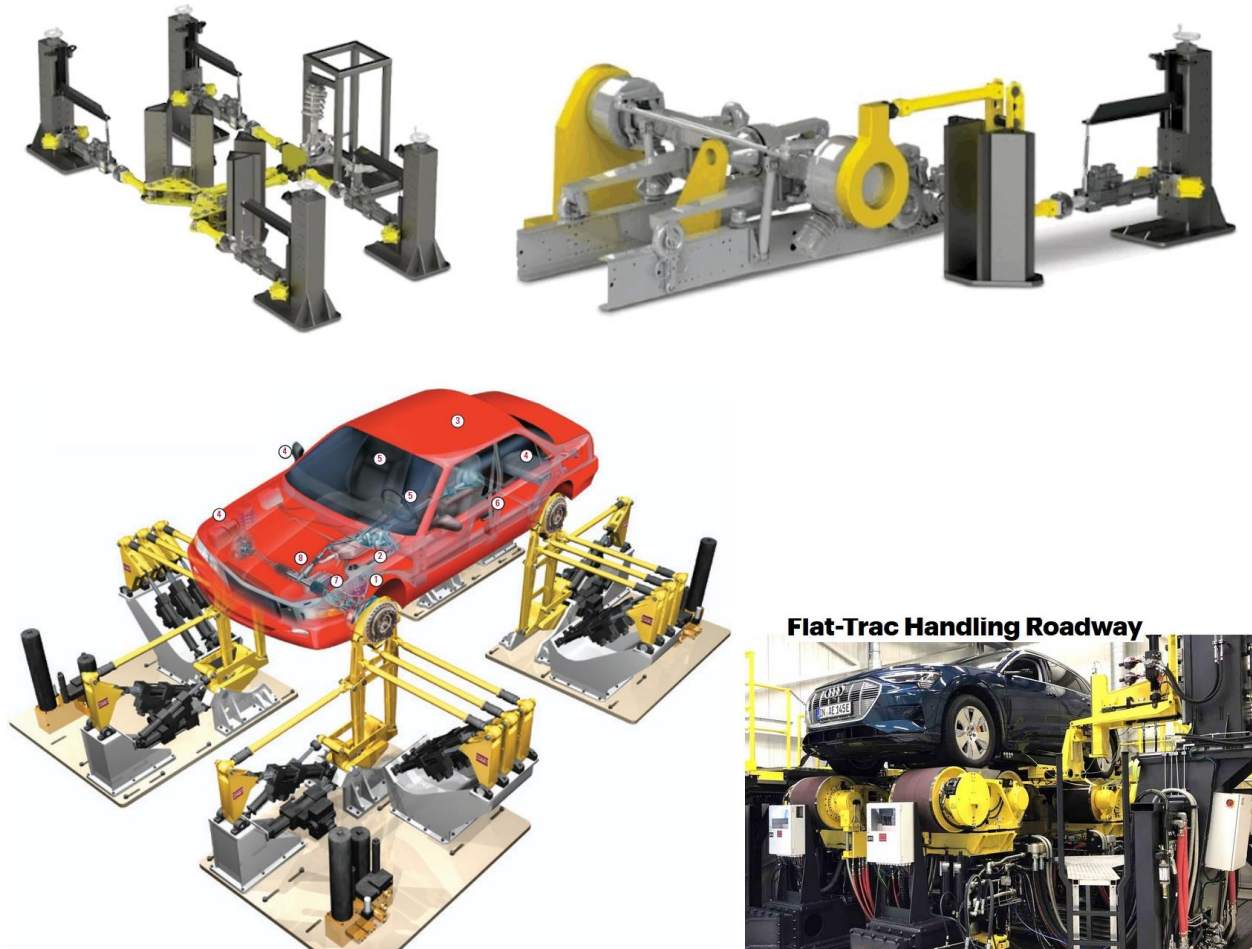
Рисунок 5.8– Учет кривой вероятности усталости материала испытываемого образца

MTS предлагает следующую схему 6-DoF нагружения рамы с учетом воздействия мостов, двигателя, продольных сил (рисунок 5.9). Это обусловлено тем, что на ее ресурс помимо дороги также влияет вибрационное воздействие двигателя, кабины, трансмиссии, топливных баков, аккумуляторных ящиков.



**Рисунок 5.9 – Предлагаемая MTS схема и вид испытаний рамы автомобиля**

Важным моментом при полунатурных испытаниях является многоосевое нагружение всего автомобиля (рисунки 4.20, 5.10) вследствие дорожного воздействия. MTS реализует это через многорычажную систему по типу органов насекомых путем воздействия на ступицы или через беговую дорожку. Частота воздействия 2–3 Гц. Использование беговой дорожки также полезно для получения динамических характеристик шин, управляемости.



**Рисунок 5.10 – Осуществление многоосевого (6-DoF) нагружения через ступицы на стендах MTS, включая воздействие дороги**

### 5.3 Комбинированное осуществление полунатурных испытаний.

Предлагаемые решения MTS требуют данных, полученных в дорожных условиях либо при моделировании КМ/автомобиля. Для чего MTS предлагает свои устройства для тензометрирования нагрузок в дорожных условиях (MTS SWIFT EVO). Рекомендаций по выбору пакетов моделирования MTS не дает. По результатам работы [9] для моделирования наиболее эффективным является использование пакета Matlab/Simulink в сочетании с модулем S-Function Builder для реализации воздействия дороги и логики управления. Это обеспечивает погрешность 10–15 %. Использование пакетов MSC.ADAMS, Simcenter Amesim дают большую погрешность (до 2-х раз) при моделировании вибраций при движении по дороге, даже при переезде препятствий.

Наиболее оптимальным вариантом является сочетание моделирования, предложенного в работе [9], с подходами и устройствами стендовых испытаний MTS. Схема таких испытаний показана на рисунке 5.11.

Включает следующие этапы:

- получение реальных макро и микропрофилей дорог для моделирования движения, колебаний и управляемости автомобиля;
- осуществление моделирования на симуляторе с вибрациями водителя с учетом дорожной обстановки (ее визуализации) и возможностей колесной машины в режиме реального времени на базе более сложных пространственных моделей с учетом податливости рам, распределением масс в поперечной и продольной плоскости.
- передачу информации с моделирования на систему управления стендами.

Такое усложнение обусловлено недостаточной производительностью одного компьютера и необходимостью решения одновременно нескольких задач. Это повлекло потребность в разнесении вычислений по компьютерам, показанное на рисунке 5.11, с разделением моделирования движения, управляемости на одном, колебаний на другом, визуализации обстановки и звука на третьем и на отдельном (Raspberry) считывания информации с органов управления и организацией передачи информации между ними по сети (Samba, CAN BUS, Windows). В случае линейных моделей этого бы не потребовалось. Но погрешность значительна до двух раз и не устраивает автопроизводителей и приходится платить цену за точность усложнением моделей и реализаций.

Получаемая при моделировании информация по сети CAN BUS передаются на компьютер/ы и контроллер/ы 793 серии и обрабатывается ими.

В последних сигналы преобразуются для управления стендами. При вибрационных испытаниях сигналы непосредственно подаются на стенды через контроллер/ы 793 серии. Для ресурсных испытаний они должны быть преобразованы по методу “дождя” с задействованием программного обеспечения MTS 793 серии либо предлагаемой программы на C/C++ [9] и воспроизводиться на стендах в виде блоков нагружений.

Вторым направлением сокращения времени испытаний является программная вырезка участков с низким уровнем напряжений/вибраций, используя дифференцирование для выделения экстремумов точек и оценки амплитуд на них. Если сигнал ниже порога запись не производится.

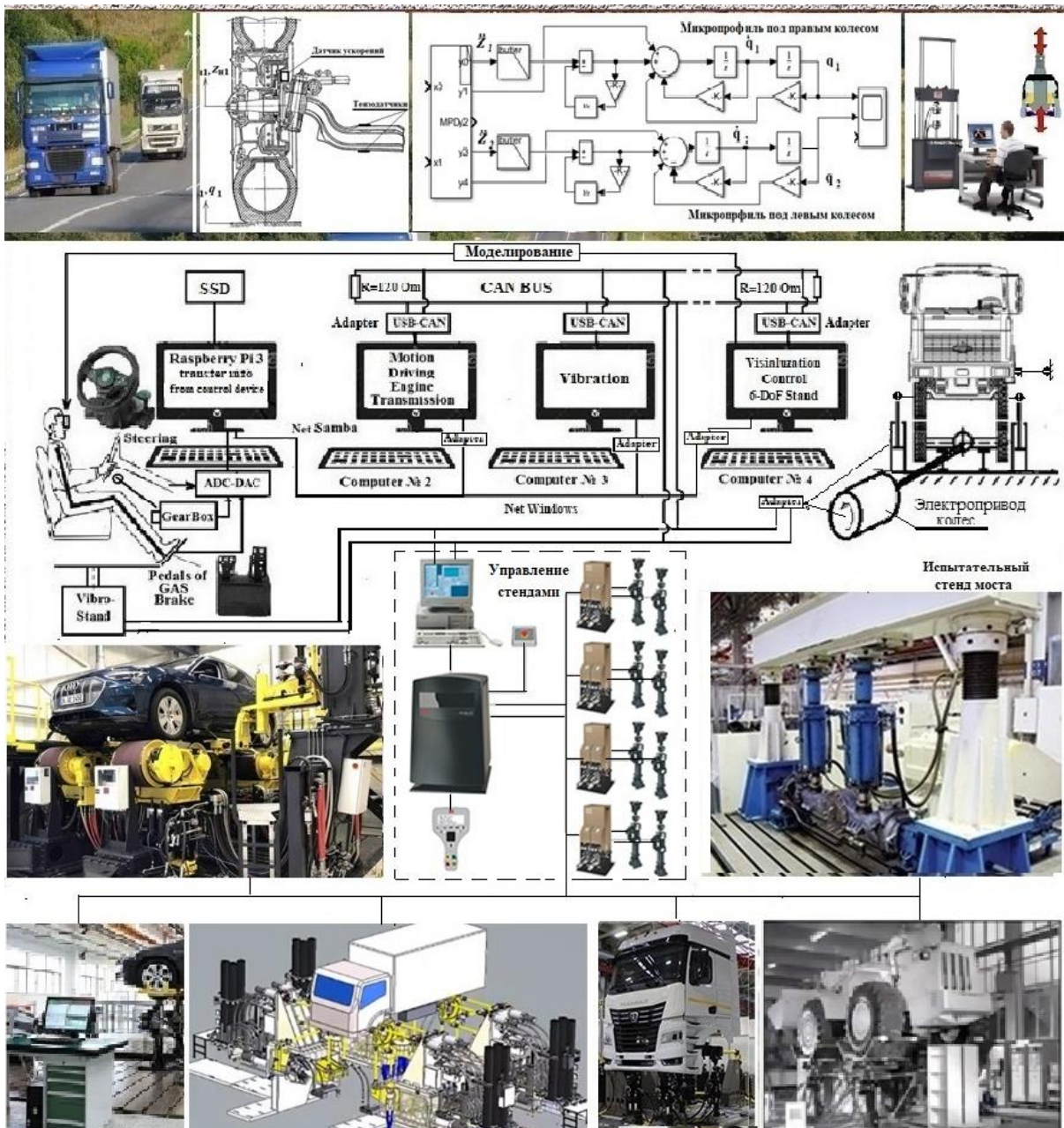


Рисунок 5.11 – Предлагаемая схема полунатурных испытаний КМ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### 1. Основные научные результаты работы

1. Разработаны научные основы и методология проведения полунатурных испытаний КМ (автомобиля), представляющих собой воспроизведение в стендовых условиях на гидропульсаторах или электроактуаторах реальных эксплуатационных нагрузок на узлы или весь автомобиль, а также блоков нагружений форсированных ресурсных испытаний на основе сложного компьютерного моделирования, перенеся на них основную тяжесть по отработке конструкции.

2. Выявлено, что Simulink наиболее подходит для проведения моделирования задач движения, колебаний и управляемости колесных машин, как обеспечивающий хорошо совпадение с экспериментом (погрешность 5–15% против 70% у Sincenter) и обладает возможностью передачи информации на стенды.

3. Начинать полунатурные испытания следует с вибрационных испытаний для экспресс-оценки вибраций всей машины, выявление резонанса в элементах конструкции, напряженно-деформируемого состояния, получения исходных данных для ресурсных испытаний с использованием микропрофилей дорог. Предложены решения по осуществлению таких испытаний для основных узлов и машины в целом.

4. При выборе стендового оборудования следует ориентироваться на стенды американской фирмы MTS с их программно-техническим обеспечением и механизмами по типу органов передвижения насекомых, обеспечивающих более корректное воспроизведение нагрузок в 6-ти плоскостях.

5. При проведении испытаний необходимо сочетать различные подходы, включая классические по трансмиссии, по заданию нагрузений и определению наиболее нагруженных точек рамы, панелей кабины, картеров мостов методами изменения величины намагничивания, а для направления действия напряжений нанесением хрупкого лака.

6. Для получения экспериментальных данных по нагруженности в дорожных условиях целесообразно использовать устройство преобразования MTS SWIFT EVO, позволяющее регистрировать крутящие моменты и нагрузки на машину, которое также задействуется при испытаниях на стенде.

7. Для испытаний подвески целесообразно использовать как классический подход нагружения ее компонентов совместно: рессоры с амортизатором (Multi-axial Leaf Spring Tests) на основе ходов (100 мм от положения статического равновесия) либо отдельно, так и мультинагружением (Multi-axial Hub Coupled Road Simulators)).

8. Для испытаний рулевого управления предлагается задействование следующей цепочки: имитатор рулевого управления -> исполнительный механизм на основе электроактуатора, который приводит в действие рулевой механизм -> стенд с беговыми барабанами на базе моста. В качестве исходных данных целесообразно использовать экспериментальные данные, (запись поворота рулевого колеса), на основе которого электроактуатор будет воспроизводить реальные повороты руля, включая подрулевание и поддержание траектории движения при уводах машины либо полученные данные моделирования на симуляторе.

9. При ресурсных испытаниях рамы необходимо учитывать воздействия на нее мостов, двигателя, кабины, трансмиссии, топливных баков, аккумуляторных ящиков и др., для чего MTS предлагает более сложную схему 6-DoF нагружения рамы.

10. Наиболее оптимальным вариантом реализации полунатурных испытаний является сочетание моделирования, предложенного в работе [9] с разнесением вычислений по компьютерам: моделирования движения, управляемости на одном, колебаний на другом, визуализации обстановки и звука на третьем и на отдельном (Raspberry) считывания информации с органов управления и организацию передачу информации между ними по сети (Samba, CAN BUS, Windows) с подходами и устройствами стендовых испытаний MTS. Предлагается следующая схема полунатурных испытаний, включающая следующие этапы:

- получение реальных макро и микропрофилей дорог для моделирования движения, колебаний и управляемости автомобиля;

- осуществление на их основе моделирования [9] на симуляторе с вибрациями водителя с учетом дорожной обстановки (ее визуализации) и возможностями колесной машины в режиме реального времени на базе более сложных пространственных моделей с учетом податливости рам, распределением масс в поперечной и продольной плоскости;

- передача полученных при моделировании сигналов по сети CAN BUS на компьютер/ы и контроллер/ы 793 серии, обработка ими данных с дальнейшим воспроизведением нагрузок на стендах MTS.

11. Предложено программное обеспечение получения массивов продольных и микропрофилей дорог, оценки нагруженности узлов КМ методом “дождя” на основе комбинирования моделирования, 3D моделей и инженерных пакетов [9], разработана программа аналог пакета MTS RPC PRO-793, позволяющая сжимать и удалять участки с низким уровнем сигнала и т.с. форсировать в 2–10 раз стендовые испытания узлов автомобиля.

12. Реализация всего этого позволяет значительно снизить затраты и сроки создания новой техники.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Heavy Truck Durability Testing (video of Seminar in S.Korea, part 1–4) // <https://www.mts.com/en/articles/automotive/heavy-truck-durability-testing/> Дата доступа 03.10.2025.
2. BMW Group uses virtual reality engineering in its vehicle development BMW // URL: <https://www.bmw.com/en/events/nextgen/global-collaboration.html> / Date of access 2022.8.20.
3. Testing Driving Dynamics Rols/Brake/ABS Test Stand for passenger car and commercial vehicles // <https://www.durr.com/en/products/final-assembly/testing-systems/roll-brake-abs-testing/> / Дата доступа 12.09.2025.
4. Моделирование «с колес» // <https://sapr.ru/article/26146?ysclid=mp7sqcc4ji246252190> //Дата доступа 20.12.2025.
5. Reinforcement Learning from Simulation to Real World Autonomous Driving using Digital Twin // [https://www.researchgate.net/publication/365820910\\_Reinforcement\\_Learning\\_from\\_Simulation\\_to\\_Real\\_World\\_Autonomous\\_Driving\\_using\\_Digital\\_Twin](https://www.researchgate.net/publication/365820910_Reinforcement_Learning_from_Simulation_to_Real_World_Autonomous_Driving_using_Digital_Twin) / Дата доступа 18.10.2025.
6. Кулагин В.А. Разработка основ метода определения ресурса несущих элементов ходовой части автомобиля на базе технологий виртуального и полунатурного эксперимента : дис. канд. техн. наук : 05.05.03. – Москва, НАМИ, 2022. – 215 с.
7. Лопух Д.Г., Применение конечно-элементных моделей в MSC.ADAMS для определения напряженно-деформированного состояния агрегатов сельхозтехники при динамическом нагружении / Д.Г. Лопух и [др.] // Режим доступа: URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/21020/230-233.pdf?sequence=1&isAllowed=y> / Дата доступа 13.10.2015.
8. Кольцов, В.И., Модель листовой рессоры / В.И. Кольцов, Ю.В. Пирковский, В.И. Ковицкий // Автомобильная промышленность. – 1970. – № 10. – С. 14–16.
9. Михайлов, В.Г. Моделирование автомобиля со смешанной реальностью с симулятором / монография, 506 стр. / (дата доступа: 18.09.2025). – Режим доступа: URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/158775?show=full>.
10. Вильданов А.Г., Повышение эффективности процесса проведения испытаний на вибропрочность кабин грузовых автомобилей с использованием методов гибридного моделирования//А.Г. Вильданов и др./ Доклад на конференции ААИ, Набережные Челны, 2023 г.
11. Испытательные стенды НТЦ “КАМАЗа”, видео /

//<https://fishki.net/video/2683278-isytyatelynye-stendy-ntc-kamaz.html> / Дата доступа 12.09.2025.

12. Беленький, Ю.Ю. Влияние отдельных параметров на колебания автопоезда, состоящего из тяжелого тягача и полуприцепа (МАЗ) : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / Ю.Ю. Беленький. – Минск, БПИ, 1967. – 171 л.

13. Simcenter Amesim: Base + Hydraulics + Thermal libraries // <https://www.techsim.cz/en/blog-en/72-simcenter-amesim-base-hydraulics-thermal-libraries/> // Дата доступа 20.11.2025.

14. Поварехо, А. С. САПР машин. Инженерный анализ в среде SIMCENTER AMESIM // учебно-методическое пособие, Минск, БНТУ, 2024. – 74 с.

15. Simcenter Amesim Project with Bearcats Motorsports // <https://www.ceas.uc.edu/research/centers-labs/siemens-simulation-technology-center/courses---projects/amesim/formula-sae/project.html> / Дата доступа 8.12.2025.

16. The modeling and simulation of an Electric Vehicle based on Simcenter Amesim platform // [https://www.researchgate.net/publication/337214450\\_The\\_modeling\\_and\\_simulation\\_of\\_an\\_Electric\\_Vehicle\\_based\\_on\\_Simcenter\\_Amesim\\_platform](https://www.researchgate.net/publication/337214450_The_modeling_and_simulation_of_an_Electric_Vehicle_based_on_Simcenter_Amesim_platform) / Дата доступа 18.12.2025.

17. Динамика системы «дорога–шина–автомобиль–водитель» / под ред. А.А. Хачатурова. – М. : Машиностроение, 1976. – 535 с.

18. Мишута Д.В.. Разработка штабных машин мобильных пунктов управления : дис. канд. техн. наук : 05.05.03. – Минск, 2013. – 191 л.

19. Испеньков С.А., Моделирование динамической нагруженности рам карьерных самосвалов для оценки и повышения долговечности: дис. канд. техн. наук : 01.02.06. – Минск, ОИМ НАН РБ, 2013. – 208 с.

20. Full-Vehicle Test Systems // <https://www.mts.com/en/products/automotive/full-vehicle-test-systems> // Дата доступа 18.10.2025.

21. MTS Series 793 Controller Overview // [https://manualmachine.com/mts/793/1704933-user-manual/#google\\_vignette](https://manualmachine.com/mts/793/1704933-user-manual/#google_vignette) / Дата доступа 28.12.2025.

22. MTS TestSuite Software Platform Introduction ( TestSuite Software) // <https://www.youtube.com/watch?v=JFN43oOhzvA&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D> // Дата доступа 19.10.2025.

23. MTS TestSuite Multipurpose Overview (1 of 7) // <https://www.youtube.com/watch?v=RWlcbpl2sGA&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=2>. // Дата доступа 28.10.2025.

24. MTS TestSuite Multipurpose Elite Software (2 of 7) //

- [https://www.youtube.com/watch?v=XN5idf\\_Ppn4&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=3](https://www.youtube.com/watch?v=XN5idf_Ppn4&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=3) // Дата доступа 28.10.2025.
25. MTS TestSuite Multipurpose Express Software (3 of 7) // [https://www.youtube.com/watch?v=-L\\_VNb55xrU&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=-L_VNb55xrU&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=4) / Дата доступа 28.10.2025
26. MTS TestSuite Multipurpose Software Options (4 of 7) // <https://www.youtube.com/watch?v=nf8XgmrSOho&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=5> // Дата доступа 11.11.2025.
27. MTS TestSuite Multipurpose Fatigue Testing (5 of 7) // [https://www.youtube.com/watch?v=lfG\\_af2vEiQ&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=6](https://www.youtube.com/watch?v=lfG_af2vEiQ&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=6) // Дата доступа 18.11.2025.
28. MTS TestSuite MP Fracture Testing Software (6 of 7) // <https://www.youtube.com/watch?v=Z9eYRhhqshb4&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=7> // Дата доступа 19.11.2025.
29. MTS TestSuite Multipurpose Tensile Testing Module (7 of 7) // <https://www.youtube.com/watch?v=dW9ApIrK73Q&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=8> // Дата доступа 28.11.2025.
30. MTS TestSuite TW Overview (1 of 4) // <https://www.youtube.com/watch?v=uxX8WWICfD8&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=9> // Дата доступа 18.10.2025.
31. MTS TestSuite TW Elite Software (2 of 4) // <https://www.youtube.com/watch?v=6ChUYIAcBjs&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=10> // Дата доступа 29.11.2025.
32. MTS TestSuite TW Express Software (3 of 4) // <https://www.youtube.com/watch?v=9oSN4kDekbw&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=11> // Дата доступа 18.10.2025.
33. MTS TestSuite TW Templates (4 of 4) // <https://www.youtube.com/watch?v=ilt1BD1RgG0&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=12> // Дата доступа 8.11.2025.
34. MTS TestSuite Software Reporter Add-in // <https://www.youtube.com/watch?v=Lggxa4iJPTc&list=PL6K5pcp6j5JweM7ok9lZS81IkVvy4BA4D&index=13> // Дата доступа 8.11.2025.
35. Test Rig Design 1 Part 1 // <https://www.youtube.com/watch?v=bl34ckUluwY> // Дата доступа 18.10.2025.
36. Test Rig Design 2 Part 2 // [https://www.youtube.com/watch?v=7\\_T2h0ilc64](https://www.youtube.com/watch?v=7_T2h0ilc64) // Дата доступа 19.11.2025.
37. Heavy Truck Durability Testing 3: MAST Systems for Large Equipment Vibration // <https://www.youtube.com/watch?v=Y19IsXxR6lU>. // Дата доступа 19.11.2025.

38. Heavy Truck Durability Testing 4: Tire-Coupled Road Simulators for Trucks & Off-Road Vehicles // <https://www.youtube.com/watch?v=yoKaJcf-ptg> / / Дата доступа 18.12.2025.
39. Heavy Truck Durability Testing 5: Suspension & Chassis Development Tools for Heavy Vehicles // <https://www.youtube.com/watch?v=JdzS4SImNEs> / Дата доступа 18.12.2025.
40. Heavy Truck Durability Testing 6: Conserving Power & Reducing Cost // <https://www.youtube.com/watch?v=7Mk02xp1c8M> // Дата доступа 18.12.2025.
41. Machine parts of a tire testing machine (Tire)// [https://www.youtube.com/watch?v=DI\\_LnzU5mRc](https://www.youtube.com/watch?v=DI_LnzU5mRc) // Дата доступа 18.12.2025.
42. Kokusai, Tire Treadwear Simulation System Closeup // <https://www.youtube.com/watch?v=ZxRWWS1r7eE> // Дата доступа 17.12.2025.

**ПРИЛОЖЕНИЯ****Приложение А****Исходный текст программы определения блоков нагружения  
методом “дождя” RainFolow.cpp**

```
#include <cstdlib>
#include <iostream>
#include <vector>
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <time.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/timeb.h>

#define MAX 51000000
using namespace std;
class Rainflow
{
private:
    float C[100];
    float AverageMean[100];
    float MaxPeak[100];
    float MinValley[100];
    float MaxAmp[100];
    float AverageAmp[100];
    double L[20];
    double ylast;
    float sum;
    float ymax;
    float mina,maxa;
    float t;
    float scale;
    float X,Y;
    long ijk;
    long kv;
    long hold;
    long i,j,k,n;
    long num;

    long nkV;
```

```

int ic, iscale;
long N, NP;
long last_a;
FILE *pFile[6];
char filename[6][FILENAME_MAX];
vector<float> y;
vector<vector<float>> > B; // need space > >

public:
void read_data(void);
void rainflow_engine(void);
void damage_index(void);
void print_data(void);
};
// *****
int main()
{
    Rainflow rf;

    printf("\n ");
    printf("\n rainflow.cpp ver 2.8 June 24, 2014 \n");
    printf("\n by Tom Irvine Email: tom@vibrationdata.com \n");
    printf("\n ASTM E 1049-85 (2005) Rainflow Counting Method \n");

    time_t start = time(0);
    rf.read_data();
    rf.rainflow_engine();
    rf.print_data();
    int icd;
    printf("\n\n Calculate relative damage index D? 1=yes 2=no \n");
    scanf("%d", &icd);
    if(icd==1)
    {
        rf.damage_index();
    }
    time_t end = time(0);
    double time = difftime(end, start);
    printf("\n Elapsed Time = %8.4g sec \n", time);
    printf("\n Press any key to exit.\n");
    getch();
    exit(1);
}
void Rainflow::print_data()
{

```

```

printf("\n Amplitude = (peak-valley)/2 \n");

fprintf(pFile[1],"\n Amplitude = (peak-valley)/2 \n");

//*****
*****
printf("\n ");printf("\n      Range      Cycle   Ave   Max   Ave
Min   Max");
printf("\n      (units)      Counts   Amp   Amp   Mean   Valley   Peak
\n");
    for(i=13;i>=1;i--)
    {
        printf(" %8.2lf to %8.2lf\t%8.1lf\t%6.4g\t%6.4g\t%6.4g\t%6.4g\t
%6.4g\n",
L[i],L[i+1],C[i],AverageAmp[i],MaxAmp[i],AverageMean[i],MinValley[i],MaxPe
ak[i]);
    }
    fprintf(pFile[1],"\n ");
    fprintf(pFile[1],"\n      Range      Cycle   Ave   Max   Ave   Min
Max");
    fprintf(pFile[1],"\n      (units)      Counts   Amp   Amp   Mean   Valley
Peak \n");

    for(i=13;i>=1;i--)
    {
        fprintf(pFile[1]," %8.4lf to %8.4lf\t%8.1lf\t%6.4g\t%6.4g\t%6.4g\t
%6.4g\t %6.4g\n",
L[i],L[i+1],C[i],AverageAmp[i],MaxAmp[i],AverageMean[i],MinValley[i],MaxPe
ak[i]);
    }
    fprintf(pFile[2]," %ld \t %g \n",i,C[i]);
}
fclose(pFile[0]);
fclose(pFile[1]);
fclose(pFile[2]);
fclose(pFile[3]);
fclose(pFile[4]);

printf("\n\n Total Cycles = %g hold=%ld NP=%ld
ymax=%g\n",sum,hold,NP,ymax);
fprintf(pFile[1],"\n\n Total Cycles = %g hold=%ld NP=%ld
ymax=%g\n",sum,hold,NP,ymax);

printf("\n\n The output files are: \n");

```

```

printf(" %s \n",filename[1]);
    printf(" %s \n",filename[2]);
    printf(" %s \n",filename[3]);
    printf(" %s \n",filename[4]);
}
void Rainflow::read_data(void)
{
    float aa;

    printf("\n The input file must be a time history. \n");
    printf("\n Select format: ");
    printf("\n  1=amplitude ");
    printf("\n  2=time & amplitude \n");

    scanf("%d",&ic);

    if(ic==1)
    {
        printf( "\n\n The base input file must contain one column: unit
\n");
    }
    else
    {
        printf( "\n\n The base input file must contain two columns: \n");
        printf( " time & unit  \n");
    }

    printf( "\n Input filename \n");
    scanf("%s",filename[0]);

    pFile[0] = fopen(filename[0], "rb");

    while(pFile[0] == NULL )
    {

        printf("\n Failed to open file: %s \n", filename[0]);

        printf("\n Please enter the input filename: \n");

        scanf("%s",filename[0]);

        pFile[0] = fopen(filename[0], "rb");

    }
}

```

```

printf("\n File: %s opened. \n", filename[0]);

printf( "\n\n Enter the output table filename: \n");
scanf("%s",filename[1]);

pFile[1]=fopen(filename[1], "w");

strcpy(filename[2],"rainflow_graph.out");
pFile[2]=fopen(filename[2], "w");

strcpy(filename[3],"range_cycles.out");
pFile[3]=fopen(filename[3], "w");

strcpy(filename[4],"amp_cycles.out");
pFile[4]=fopen(filename[4], "w");

// strcpy(filename[5],"points.out");
// pFile[5]=fopen(filename[5], "w");

i=0;

if(ic==1)
{
    while( fscanf(pFile[0],"%f",&aa)>0)
    {
        y.push_back(aa);

        i++;

        if(i==MAX)
        {
            printf("\n Warning: input data limit reached \n.");
            break;
        }
    }
}
else
{
    while( fscanf(pFile[0],"%f %f",&t,&aa)>0)
    {
        y.push_back(aa);
    }
}

```

```

        i++;

        if(i==MAX)
        {
            printf("\n Warning: input data limit reached \n.");
            break;
        }
    }
    }
    ylast=y[i-1];

    NP=i+1;

//    printf("\n ref 1: last_a = %ld \n",last_a);

    printf("\n ");
    printf("\n Multiply data by scale factor?");
    printf("\n 1=yes 2=no \n");
    scanf("%d",&iscale);

    if(iscale==1)
    {
        printf("\n Enter scale factor \n");
        scanf("%f",&scale);

        for(i=0;i<NP;i++)
        {
            y[i]*=scale;
        }
    }
}
void Rainflow::damage_index(void)
{
    double b;
    double D=0;
    double Y;

    printf("\n\n Enter fatigue exponent: ");
    scanf("%lf",&b);

    for(long i=0;i<=kv;i++)
    {
        Y=B[i][0];

```

```

        D+=B[i][1]*pow((Y/2.),b);
    }
    printf("\n D=%8.4g \n",D);
}
void Rainflow::rainflow_engine(void)
{
    vector<float> a;

    double slope1;
    double slope2;

    ymax=0.;

    nk=0;

    k=0;
    // a[k]=y[k];
    a.push_back(y[k]);

    k=1;

    for(i=1;i<(NP-1);i++)
    {

        slope1=( y[i]-y[i-1]);
        slope2=(y[i+1]-y[i]);

        if((slope1*slope2)<=0. && fabs(slope1)>0.)
        {
            a.push_back(y[i]);
            k++;
        }

    }
    a.push_back(ylast);
    k++;

    last_a=k-1;

    hold=last_a;

```

```

long WIDTH=4;
long HEIGHT=0;
B.resize(HEIGHT);

for(i=0; i < HEIGHT; i++)
{
    B[i].resize(WIDTH);
}

// printf(" H=%ld W=%ld ",HEIGHT,WIDTH);
// getch();

    mina=100000;
    maxa=-mina;

    for(i=0;i<=last_a;i++)
    {
        if(a[i]<mina)
        {
            mina=a[i];
        }
        if(a[i]>maxa)
        {
            maxa=a[i];
        }
    }

//     fprintf(pFile[5]," %8.4g \n",a[i]);
}

num=long(maxa-mina)+1;

n=0;
i=0;
j=1;

sum=0;

kv=0;

long LLL=last_a;

std::vector<float> row(4);

```

```

printf("\n percent completed \n");

while(1)
{
Y=(fabs(a[i]-a[i+1]));
X=(fabs(a[j]-a[j+1]));

if(X>=Y && Y>0 && Y<1.0e+20)
    {
    if(Y>ymax)
    {ymax=Y;}

if(i==0)
    {

        n=0;
        sum+=0.5;

        row[3]=a[i+1];
        row[2]=a[i];
        row[1]=0.5;
        row[0]=Y;

        B.push_back(row);

//          printf("1 %8.4g %8.4g %8.4g %8.4g
\n",B[kv][0],B[kv][1],B[kv][2],B[kv][3]);

        kv++;

                a.erase (a.begin());

                last_a--;

        i=0;
        j=1;
    }
else
    {
        sum+=1;

        row[3]=a[i+1];
        row[2]=a[i];
        row[1]=1.;

```

```

row[0]=Y;

B.push_back(row);
//      printf("2 %8.4g %8.4g %8.4g %8.4g
\n",B[kv][0],B[kv][1],B[kv][2],B[kv][3]);

kv++;
n=0;

a.erase (a.begin()+(i+1));
a.erase (a.begin()+i);

        last_a-=2;

        i=0;
        j=1;
        }

        nkvv++;

        if(nkv==3000)
        {
double ratio = fabs((last_a)/double(LL));

        printf(" %3.1lf \n",(1-ratio)*100.);
        nkvv=0;
        }
        }
else
        {
i++;
j++;
        }

if((j+1)>last_a)
        {
break;
        }
}

For (i=0;i<(last_a);i++)
{
Y=(fabs(a[i]-a[i+1]));
if(Y>0. && Y<1.0e+20)

```

```

        {
        sum+=0.5;

        row[3]=a[i+1];
        row[2]=a[i];
        row[1]=0.5;
        row[0]=Y;
        B.push_back(row);
        //      printf("3 %8.4g %8.4g %8.4g %8.4g
\n",B[kv][0],B[kv][1],B[kv][2],B[kv][3]);

        kv++;

        if (Y>ymax)
        {ymax=Y;}

        }
    }
L[1]=0;
L[2]=2.5;
L[3]=5;
L[4]=10;
L[5]=15;
L[6]=20;
L[7]=30;
L[8]=40;
L[9]=50;
L[10]=60;
L[11]=70;
L[12]=80;
L[13]=90;
L[14]=100;

for(ijk=1;ijk<=14;ijk++)
{
    L[ijk]*=ymax/100.;

    C[ijk]=0.;
    AverageMean[ijk]=0.;
    MaxPeak[ijk]=-1.0e+20;
    MinValley[ijk]= 1.0e+20;

    MaxAmp[ijk]=-1.0e+20;
    AverageAmp[ijk]= 1.0e+20;

```

```

//    printf(" L[%ld]=%g ymax=%8.4g\n",ijk,L[ijk],ymax);
}

// getch();

kv--;

for(ijk=13;ijk>=0;ijk--)
{
    AverageAmp[ijk]=0.;
}
For (i=0;i<=kv;i++)
{
    Y=B[i][0];
//    printf(" %ld %ld %10.4e \t %3.1f \n",i,kv,Y,B[i][1]);

    fprintf(pFile[3]," %10.4e \t %3.1f \n",Y,B[i][1]);
    fprintf(pFile[4]," %10.4e \t %3.1f \n",Y/2.,B[i][1]);

//    printf("i=%d Y=%g \n",i,Y);

    for(ijk=13;ijk>=0;ijk--)
    {
//        printf(" %8.4g %8.4g %8.4g \n",Y,L[ijk],L[ijk+1]);

        if(Y>=L[ijk] && Y<=L[ijk+1])
        {
            C[ijk]=C[ijk]+B[i][1];
            AverageMean[ijk]+=B[i][1]*(B[i][3]+B[i][2])*0.5; // weighted
average

            if(B[i][3]>MaxPeak[ijk])
            {
                MaxPeak[ijk]=B[i][3];
            }
            if(B[i][2]>MaxPeak[ijk])
            {
                MaxPeak[ijk]=B[i][2];
            }

            if(B[i][3]<MinValley[ijk])
            {
                MinValley[ijk]=B[i][3];
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    if(B[i][2]<MinValley[ijk])
    {
        MinValley[ijk]=B[i][2];
    }

    if(Y>MaxAmp[ijk])
    {
        MaxAmp[ijk]=Y;
    }

    AverageAmp[ijk]+=B[i][1]*Y*0.5;

    break;
}
}
}

for(ijk=1;ijk<=14;ijk++)
{
    if(C[ijk]>0)
    {
        AverageMean[ijk]/=C[ijk];
        AverageAmp[ijk]/=C[ijk];
    }
    MaxAmp[ijk]/=2.;

    if(C[ijk]<0.5)
    {
        AverageAmp[ijk]=0.;
        MaxAmp[ijk]=0.;
        AverageMean[ijk]=0.;
        MinValley[ijk]=0.;
        MaxPeak[ijk]=0.;
    }

    // printf(" %8.4g %8.4g %8.4g %8.4g %8.4g
\n",AverageAmp[ijk],MaxAmp[ijk],AverageMean[ijk],MinValley[ijk],MaxPeak[ij
k]);
}

```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**Исходный текст программы на C/C++ Raspberry P 3B+ для  
получения данных продольных профилей дорог с GPS**

```
// 21-03-10 13:10
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <errno.h>
#include <termios.h>
#include <time.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#define M_PI acos(-1.0)

// Program 12.03.20211
//Для компилирования ввести команду g++ gps7.c -o gps7

#define DEG2RAD(a) ((a) / (180 / M_PI))
#define RAD2DEG(a) ((a) * (180 / M_PI))
#define EARTH_RADIUS 6378137
void trdt(void);
void trgps(void);

//-----struct transmion hms (hhmmss) into long
struct spdt {
char hms[30];
char hh[4];
char mm[4];
char ss[4];
long lhh;
long lmm;
long lss;
};
struct spdt sd;
//-----
struct s5 {
```

```

char sx[30]; //Position x (lat) into mm
char sy[30]; //Position y (lon) into mm
float x; //Position x (lat) into mm
float y; //Position y (lon) into mm
float h; // hight into mm
float v; // Speed
float pr; //Passable way
long dt; // Paramer of time hhhmmss
long stl; // Count of satelites
};
struct s5 sr;
//-----
double lat_d, lat_m, lat_m0,lat_mb,lt,lt2;
double lon_d, lon_m, lon_m0, lon_mb,ln, ln_m0,ln2,ln_m, lr,lr0, lrn;
long lhh, lmm, lss;
char slat[40], slon[40], slat_m[40], slon_m[40],slrn[20],hms[24], hh[4], mm[4],
ss[4], *endptr, *yk;
long i, ch, che; //??

int hex2int(char *c);
int checksum_valid(char *string);
int parse_comma_delimited_str(char *string, char **fields, int max_fields);
int debug_print_fields(int numfields, char **fields);
int OpenGPSPort(const char *devname);
int SetTime(char *date, char *time);
int hex2int(char *c);
int checksum_valid(char *string);
int parse_comma_delimited_str(char *string, char **fields, int max_fields);
int debug_print_fields(int numfields, char **fields);
int OpenGPSPort(const char *devname);
int SetTime(char *date, char *time);

int main(int argc, char **argv)
{
//
    int fd;
    char buffer[255];
    int nbytes;
    char *field[20];
FILE *fp1;

```

```

ch=0;
che=atol(argv[1]);
fp1=fopen("gps.bt","wb");
fclose(fp1);
if ((fd = OpenGPSPort("/dev/ttyS0")) < 0)
{
    printf("Cannot open GPS port\r\n.");
    return 0;
}

do {
    if ((nbytes = read(fd, &buffer, sizeof(buffer))) < 0) {
        perror("Read");
        return 1;
    } else {
        if (nbytes == 0) {
            printf("No communication from GPS module\r\n");
            sleep(1);
        } else {
            buffer[nbytes - 1] = '\0';
            //printf("[%s]\r\n",buffer);
            if (checksum_valid(buffer) {
                if ((strncmp(buffer, "$GP", 3) == 0) |
                    (strncmp(buffer, "$GN", 3) == 0)) {

                    if (strncmp(&buffer[3], "GGA", 3) == 0) {
                        i = parse_comma_delimited_str(buffer, field, 20);
                        //debug_print_fields(i,field);
                        printf("UTC Time  :%s\r\n",field[1]);
                        printf("Latitude  :%s\r\n",field[2]);
                        printf("Longitude :%s\r\n",field[4]);
                        /*
                        sprintf(sd.hms, "%s",field[1]);
                        sprintf(sr.sx, "%s",field[4]);
                        sprintf(sr.sy, "%s",field[2]);

                        sprintf(slon, "%s",field[4]);
                        sprintf(slat, "%s",field[2]);
                        */

                        strcpy(sd.hms, field[1]);
                        strcpy(sr.sx, field[4]);

```



```
    } while(ch<che);

    if (close(fd) < 0) {
        perror("Close");
        return 1;
    }

    return (0);
}

int debug_print_fields(int numfields, char **fields)
{
    printf("Parsed %d fields\r\n",numfields);

    for (int i = 0; i <= numfields; i++) {
        printf("Field %02d: [%s]\r\n",i,fields[i]);
    }
}

int hexchar2int(char c)
{
    if (c >= '0' && c <= '9')
        return c - '0';
    if (c >= 'A' && c <= 'F')
        return c - 'A' + 10;
    if (c >= 'a' && c <= 'f')
        return c - 'a' + 10;
    return -1;
}

int hex2int(char *c)
{
    int value;

    value = hexchar2int(c[0]);
    value = value << 4;
    value += hexchar2int(c[1]);

    return value;
}
```

```

int checksum_valid(char *string)
{
    char *checksum_str;
    int checksum;
    unsigned char calculated_checksum = 0;

    // Checksum is postcede by *
    checksum_str = strchr(string, '*');
    if (checksum_str != NULL){
        // Remove checksum from string
        *checksum_str = '\0';
        // Calculate checksum, starting after $ (i = 1)
        for (int i = 1; i < strlen(string); i++) {
            calculated_checksum = calculated_checksum ^ string[i];
        }
        checksum = hex2int((char *)checksum_str+1);
        //printf("Checksum Str [%s], Checksum %02X, Calculated Checksum
%02X\r\n", (char *)checksum_str+1, checksum, calculated_checksum);
        if (checksum == calculated_checksum) {
            //printf("Checksum OK");
            return 1;
        }
    } else {
        //printf("Error: Checksum missing or NULL NMEA message\r\n");
        return 0;
    }
    return 0;
}

```

```

int parse_comma_delimited_str(char *string, char **fields, int max_fields)
{
    int i = 0;
    fields[i++] = string;

    while ((i < max_fields) && NULL != (string = strchr(string, ','))) {
        *string = '\0';
        fields[i++] = ++string;
    }
}

```

```

        return --i;
    }

int SetTime(char *date, char *time)
{
    struct timespec ts;
    struct tm gpstime;
    time_t secs;
    char tempbuf[2];
    int ret;

    printf("GPS   UTC_Date %s, UTC_Time %s\r\n",date, time);
    // GPS date has format of ddmmyy
    // GPS time has format of hhmmss.ss

    if ((strlen(date) != 6) | (strlen(time) != 9)) {
        printf("No date or time fix. Exiting\r\n");
        return 1;
    }

    // Parse day:
    strncpy(tempbuf, (char *)date, 2);
    tempbuf[2] = '\0';
    gpstime.tm_mday = atoi(tempbuf);

    // Parse month:
    strncpy(tempbuf, (char *)date+2, 2);
    tempbuf[2] = '\0';
    gpstime.tm_mon = atoi(tempbuf) - 1;

    // Parse year:
    strncpy(tempbuf, (char *)date+4, 2);
    tempbuf[2] = '\0';
    gpstime.tm_year = atoi(tempbuf) + 100;

    // Parse hour:
    strncpy(tempbuf, (char *)time, 2);
    tempbuf[2] = '\0';
    gpstime.tm_hour = atoi(tempbuf);

```

```

// Parse minutes:
strncpy(tempbuf, (char *)time+2, 2);
tempbuf[2] = '\0';
gpstime.tm_min = atoi(tempbuf);

// Parse seconds:
strncpy(tempbuf, (char *)time+4, 2);
tempbuf[2] = '\0';
gpstime.tm_sec = atoi(tempbuf);

printf("Converted UTC_Date %02d%02d%02d, UTC_Time
%02d%02d%02d.00\r\n",gpstime.tm_mday,(gpstime.tm_mon)+1,(gpstime.tm_yea
r)%100, gpstime.tm_hour, gpstime.tm_min, gpstime.tm_sec);

ts.tv_sec = mktime(&gpstime);
// Apply GMT offset to correct for timezone
ts.tv_sec += gpstime.tm_gmtoff;

printf("Number of seconds since Epoch %ld\r\n",ts.tv_sec);

ts.tv_nsec = 0;
ret = clock_settime(CLOCK_REALTIME, &ts);
if (ret)
    perror("Set Clock");
printf("\r\n");
}

int OpenGPSPort(const char *devname)
{
    int fd;
    struct termios options;

    if ((fd = open(devname, O_RDWR | O_NOCTTY | O_NDELAY)) < 0) {
        perror("Open");
        return 1;
    }

    // Set to blocking
    fcntl(fd, F_SETFL, 0);

```

```

// Get port attributes
tcgetattr(fd, &options);

// Set input and output baud rates
cfsetispeed(&options, B9600);
cfsetospeed(&options, B9600);

// Set input modes
options.c_iflag |= ICRNL;

// Set 8 bits, no parity, 1 stop bit
options.c_cflag &= ~PARENB;
options.c_cflag &= ~CSTOPB;
options.c_cflag &= ~CSIZE;
options.c_cflag |= CS8;

options.c_lflag &= ~ECHO;
options.c_lflag |= ICANON;

// Set port attributes
tcsetattr(fd, TCSAFLUSH, &options);

return(fd);
}
//-----

// Data transformation GPS
void trgps(void)
{
char *endptr, *yk;
char gr[4], mm[10], ss[4],ms[6];
double grd,mmd, ssd, msd;

// Transmission slon to lon_m
yk=slon;
strncpy(gr, yk,3);
gr[3]='\0';
grd=atol(gr);

yk=slon+3;

```

```

strncpy(mm,yk,8);
mm[8]='\0';
mmd=(atof(mm))/60.0;
lon_d=grd+mmd;
//-----

// Transmission slat to lat_m

yk=slat;
strncpy(gr, yk,2);
gr[2]='\0';
grd=atol(gr);

yk=slat+2;
strncpy(mm,yk,8);
mm[8]='\0';
mmd=(atof(mm))/60.0;
lat_d=grd+mmd;

lon_m=111320.0*lon_d;
lat_m=111320.0*lat_d;

if (ch==7)
{
lat_mb=lat_m;
lon_mb=lon_m;
lrn=lr0=0.0; //??
}

lat_m=lat_m-lat_mb;
lon_m=lon_m-lon_mb;
//-----
lt=lat_m-lat_m0; //Difference of values
ln=lon_m-lon_m0; //Difference of values
//-----                lt2=lt*lt;
lr=sr.v;
lrn=lrn+lr; //??

lat_m0=lat_m;
lon_m0=lon_m;

```

```

//-----
// Write_Transmion data into struct
sr.x=lon_m;
sr.y=lat_m;
sr.pr=lrn; //Passable way
//-----
}
//Function transmiion time hhmmss into long
void trdt(void)
{
char *yk;
strncpy(sd.hh,sd.hms,2);
sd.hh[2]='\0';

yk=sd.hms+2;
strncpy(sd.mm,yk,2);
sd.mm[2]='\0';
yk=sd.hms+4;
strncpy(sd.ss,yk,2);
sd.ss[2]='\0';
sd.lhh=atol(sd.hh);
sd.lhh=10000*sd.lhh;
sd.lmm=atol(sd.mm);
sd.lmm=100*sd.lmm;
sd.lss=atol(sd.ss);
sd.lhh=sr.dt=sd.lhh+sd.lmm+sd.lss;

} //-----

```