

Building Information Modeling або *Building Information Model*).

Запропонована класифікація являє собою продовження гілки «Об'єкти будівництва» класифікації САПР за ГОСТ 23501.108-85, що представлена на рис. 4.

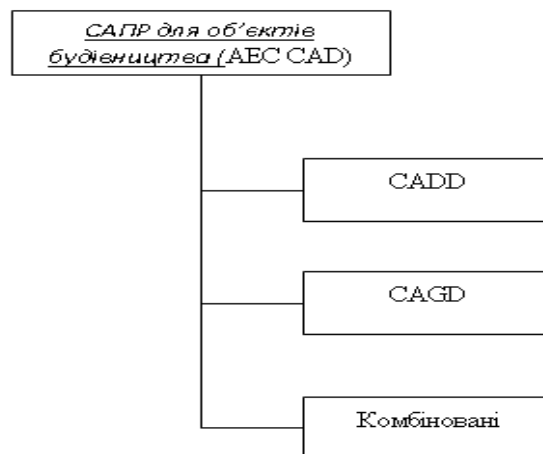


Рис 4. Класифікація САПР для об'єктів будівництва.

Висновки

1. Аналіз існуючих САПР та предметної області показав, що жодна з розповсюджених САПР не в змозі забезпечити всі вимоги до проектування одноповерхової каркасної промислової будівлі.

2. Запропонована класифікація суміщає в собі ознаки з обох проаналізованих систем і надає можливість автоматизувати процес розробки інформаційних моделей одноповерхових каркасних об'єктів будівництва промислового призначення

Література

1. Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель.– К.: КОНДОР, 2003.–210 с.
2. ГОСТ 28984-91. «Модульная координация размеров в строительстве» – М.: Издательство стандартов, 1991. – 18 с.
3. ГОСТ 23501.108-85 «Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение», 1985. – 15с.

УДК 629.113-585.862

Рыбалко И.Ф.¹

МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЭНЕРГИЙ В ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

АННОТАЦИЯ. В статье обоснованы параметры и конструктивные особенности экспериментальной установки для исследования динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства. Форма представления результатов экспериментальных исследований позволяет провести их сравнение с результатами аналитических исследований.

АНОТАЦІЯ. У статті обґрунтовано параметри і конструктивні особливості експериментальної установки для дослідження динамічних процесів навантаження трансмісії транспортного засобу. Форма представлення результатів експериментальних досліджень дозволяє провести їх порівняння з результатами аналітичних досліджень.

ANNOTATION. The article substantiates parameters and design features of the experimental setup for studying dynamic processes of loading the vehicle transmission. The presentation of the experimental results allows to compare them with the results of analytical studies.

Введение. Задачи экспериментальных исследований динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства в выполненной работе включали в себя: выявление характера динамических процессов нагружения деталей трансмиссии; определение фактических величин нагрузок в зависимости от зазоров в

шарнирах неравных угловых скоростей карданных передач; определение статистических характеристик нагруженности элементов трансмиссии автомобиля при его установившемся движении.

Решение задач эксперимента было достигнуто: разработкой программы и плана эксперимента, созданием комплекса измери-

тельной аппаратуры, установленного на автомобиле; проведением экспериментальных заездов; анализом результатов измерений.

Объектом экспериментальных исследований являлся серийный автомобиль КамАЗ-Э5320, краткая техническая характеристика которого приведена в таблице 1.

Таблица 1

Краткая техническая характеристика автомобиля КамАЗ-35320

Параметр	Значение параметра
Колесная формула	6x4
Масса снаряженного автомобиля, кг	7466
Полная масса автомобиля, кг (Полная масса автомобиля: масса снаряженного автомобиля, масса перевозимого груза, масса экипажа из трех человек (водитель, оператор, инженер исследователь) и масса измерительной аппаратуры, включая элементы питания).	15305
Передаточное число главной передачи	7,22
Двигатель: модель	740
Сцепление: модель	142
Коробка передач: модель	15
Шина: модель	И-Н142Б

Анализ последних исследований и публикаций. Изучением динамических нагрузок в трансмиссии автомобиля занимались и занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Анализ работ по исследованию динамических нагрузок в трансмиссии АТС дает возможность сделать вывод о том, что одной из главных тенденций в исследованиях является то, что им подвергаются все более сложные явления, отражающие сложную взаимосвязь отдельных узлов и агрегатов [5, 7, 8].

Цель работы – разработка комплекса измерительно-регистрающей аппаратуры для исследования динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства для проверки теоретических выводов о влиянии изменения параметров деталей карданной передачи, вследствие эксплуатационных износов, на нагруженность элементов трансмиссии.

Основная часть. Общее число параметров, регистрируемых при проведении экспериментальных исследований, составило 12. Это [1]:

- величина крутящих моментов на правых полуосях среднего и заднего ведущих мостов, карданах: M_1, M_2, M_3, M_4 ;
- частоты вращения коленчатого вала двигателя, правых полуосей среднего и заднего ведущих мостов, карданных валов привода среднего и заднего ведущих мостов, соответственно n_1, n_2, n_3, n_4 ;
- величины углов поворота верхних реактивных штанг балансирной подвески среднего и заднего ведущих мостов, соответственно φ_1 и φ_2 ;
- величина вертикальных перемещений балки переднего управляемого моста относительно рамы автомобиля, соответственно, ξ .

Имитация изменения зазоров в шарнирах неравных угловых скоростей карданных передач, вследствие эксплуатационных износов сопрягаемых поверхностей, достигалась установкой в шарнирах крестовин с измененными геометрическими параметрами шпилей [10]. Это позволило изменять величины зазоров (люфтов) в шарнирах карданных передач и трансмиссии

Выбор приборов, датчиков, регистраторов, источников питания и преобразователей тока, мест их установки на автомобиле проводился на основе выполнения следующих основных требований: обеспечение необходимой точности и воспроизводимости результатов измерений [2]; взаимозаменяемость элементов комплекса; сохранение метрологических характе-

ристик в диапазоне температур от 0° до 45°С; возможность контроля за работой аппаратуры во время проведения эксперимента.

Специфическими требованиями при проведении дорожных испытаний являлось [3]: надежное крепление регистрирующей аппаратуры, находящейся в кабине и расположенной таким образом, чтобы обеспечить удобство работы водителя и оператора при проведении заездов; надежное и безопасное крепление токосъемников и датчиков, находящихся на элементах трансмиссии и ходовой части автомобиля, и расположение их таким образом, чтобы обеспечить безопасность дорожного движения при проведении заездов.

Структурная схема приборного комплекса измерительно-регистрающей аппаратуры показана на рисунок 1. Датчики для замера одних и тех же параметров объединены в группы А, Б, В, Г. Марка их указана во втором столбце на рисунок 1, а измеряемый параметр и порядковый номер записи на каналы магнитографа отмечены соответственно в первом и третьем столбцах.

Блоками с соответствующими названиями выделены: тензоусилитель *KWS/6A-5* шестиканальный (НВМ, Германия); магнитограф *R - 200* четырех канальный (ТЕАС, Япония); токосъемники *SK-6* (НВМ, Германия) преобразователь напряжения *ПН-808-7*; усилитель *6L5* двухканальный (*SUN -EI Instruments*, Япония); усилитель *БМС-4* четырехканальный; коммутационная коробка *КК*; выходная коммутационная панель *КП*. Стрелками показаны связи между составляющими комплекса.

В основу измерения неэлектрических величин положен следующий принцип получения выходного сигнала: датчик-формирователь (измеритель) выходного сигнала - регистратор. Независимо от вида привода чувствительного элемента: механического для датчиков *CP-5S*, *W-100*, *Materflow*, *BB-1326*, *BB-23-P18* или от механической деформации валов полуосей и карданных передач для тензодатчиков *КФ5P2-3-400*, датчики изменяют величину активного сопротивления. Меняющееся сопротивление используется для формирования выходного сигнала и последующей его регистрации.

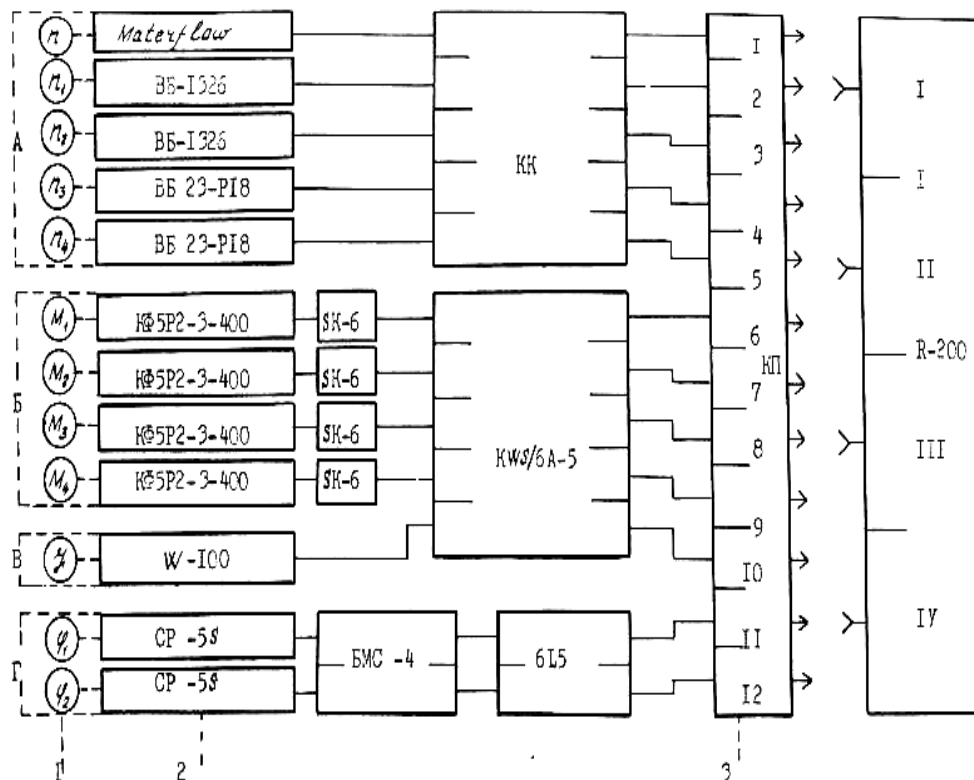


Рис. 1. Схема приборного комплекса структурная.

Сигналы от тензодатчиков, установленных на полуосях и карданных валах подавались на четыре канала усилителя *KWS/6A-5*. Пятый канал усилителя использовался для формирования сигналов потенциометрического датчика *W-100* измерения линейных вертикальных перемещений балки переднего управляемого моста автомобиля. Каждый канал состоит из генератора питания измерительного моста, фазочувствительного детектора, усилителя напряжения, частотного фильтра и усилителя мощности выходного сигнала. Достоинством усилителя являются большие коэффициенты усиления в малые дрейфы нуля. Особую трудность при балансировке составило согласование датчиков и кабелей по емкости и сопротивлений, что было достигнуто использованием кабелей с двойным экраном и надежным их закреплением.

В качестве формирователя электрического сигнала для потенциометрических датчиков *CP-5* измерения угловых перемещений реактивных штанг балансирной подвески ведущих мостов автомобиля использовались каналы усилителя *БМС-4* и *6L5*, которые обеспечивали подачу питания, балансировку измерительной схемы, усиление сигнала и подачу его на регистрирующий прибор *R-200*.

Для формирования электрических сигналов индуктивных преобразователей *Materflow*, *BB 1326*, *BB 23-PI8* было применено устройство обеспечивающее питание, балансировку измерительной схемы, усиление сигнала и подачу его на регистрирующий магнитофон *R-200*. Корпус прибора выполнен в виде коммутационной коробки, в которую установлены модули для соответствующих датчиков. Электрическая схема прибора разработана таким образом, что выходы кабельных разъемов датчиков непосредственно соединены с контактами разъемов модулей, к которым по параллельной схеме подведено питание постоянным током напряжением 220 В.

Проверка напряжения, подаваемого на индуктивные датчики и их балансировка осуществлялась по стрелочным контрольным приборам.

Для измерения и наблюдения за значениями текущей величины скорости движения автомобиля использовался тахограф *ТСО 134-F-120* (*Yazaki*, Япония). Питание прибора осуществлялось от источника постоянного тока бортовой системы питания автомобиля с напряжением 24 В. Диапазон измеряемой величины скорости от 5,55 до 19,44 мс⁻¹ (от 20 до 70 км/ч). Обеспечение необходимой величины скорости движения автомобиля при проведении заездов в ходе эксперимента, с достаточной степенью точности осуществлялось водителем-испытателем высокой профессиональной квалификации.

Запись процессов происходящих в ходе проведения экспериментальных заездов велась на магнитную ленту *ИИ-4315-6*, посредством подключения четырехканального магнитографа *R-200*. Скорость проведения записи 0,15 мс⁻¹. Длина ленты в кассете позволяла осуществлять запись 35 заездов. Запись велась на 4-х каналах магнитографа одновременно.

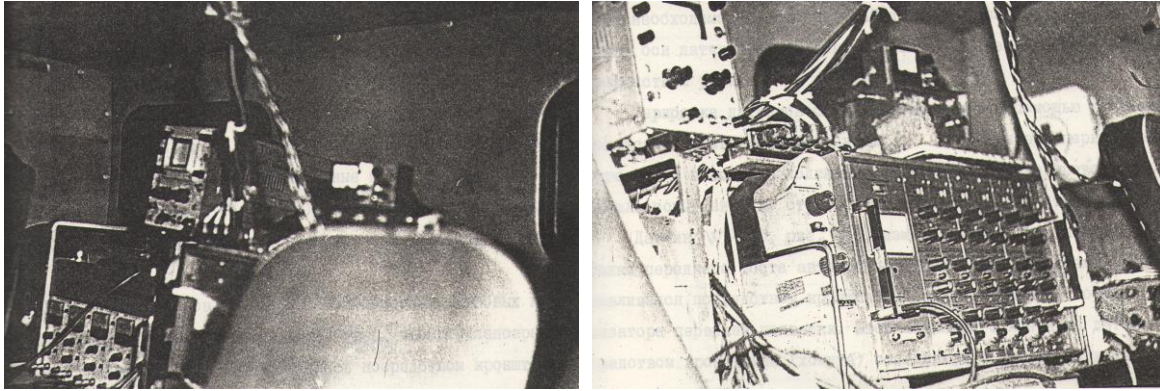
Магнитная запись позволяет автоматизировать обработку записанных процессов с использованием анализаторов и ЭВМ; многократно обрабатывать одну и ту же запись по различным алгоритмам; многократно использовать носитель записи.

Контроль прохождения записи осуществлялся осциллографом *CI-49*.

Регистратор 1 (магнитограф), усилители 2, 3, 4; осциллограф 5, преобразователь тока 6, коммутационная коробка 7, на демпфирующих опорах устанавливались в кабине транспортного средства – автомобиля (рисунок 2).

Питание магнитографа *R-200*, усилителя *KWS/6A-5*, осциллографа *CI-49*, коммутационного устройства осуществлялось постоянным током, соответственно 12 В, 24 В, 23 В, 24 В от 2-х бортовых аккумуляторных батарей *BCT-190*.

Для энергоснабжения усилителя *БМС-4* и преобразователя *ПИ-808-7* использовались дополнительные источники постоянного тока напряжением соответственно 12 В (от 1-ой аккумуляторной батареи *BCT-190*) и 24 В (от 2-х аккумуляторных батарей *BCT-190*).



а) вид слева

б) вид справа

Рис. 2. Общий вид комплекса измерительных приборов, установленных в кабине автомобиля.

Преобразователь ПН-808-7 осуществлял энергоснабжение усилителей 6,5 переменным током частотой 50 Гц и напряжением 220 В.

Принципиальная схема энергообеспечения комплекса измерительных приборов приведена на рисунок 3. Блок питания, представляющий собой дополнительные аккумуляторные батареи, располагался в кузове автомобиля. Управление велось с пульта располо-

женного в кабине автомобиля. Контроль величины напряжения поступающего на чувствительные элементы датчиков проводился перед каждым выездом автомобиля. При необходимости дополнительные аккумуляторные батареи заменялись другими. Дозарядка штатных (бортовых) аккумуляторов автомобиля проводилась систематически при подготовке автомобиля к испытаниям.

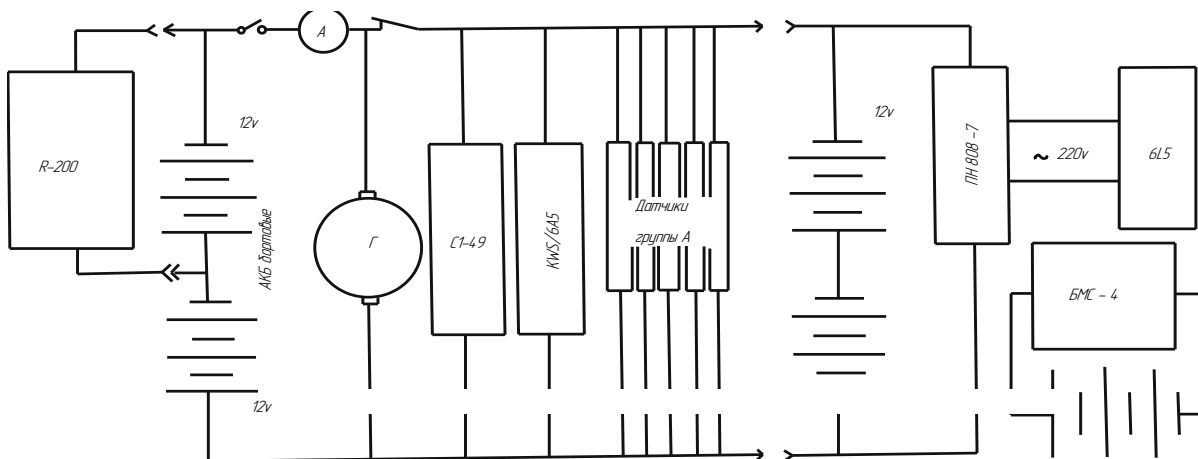
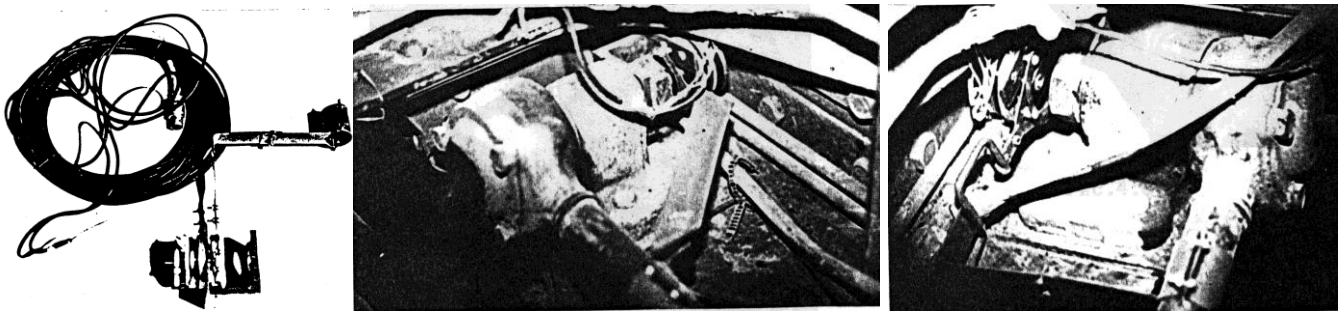


Рис. 3. Схема энергообеспечения комплекса измерительных приборов принципиальная.

Установка датчиков CP-5, рисунок 4 измерения угловых перемещений (угла поворота) верхних реактивных штанг балансирной подвески ведущих мостов осуществлялась посредством кронштейнов, закрепляемых на шаровом пальце соединения верхней реактив-

ной штанги с опорой оси балансира на раме автомобиля. Этим достигалась необходимая соосность осей датчика и шарового пальца. Связь оси датчика с реактивной штангой подвески осуществлялась посредством рычага.



а) общий вид.

б) установка датчиков на реактивных штангах балансирной подвески.

Рис. 4. Датчик CP-5S.

Тарировка датчиков *CP-5* проводилась с помощью угломера, согласно существующим методикам [3]. Установка первоначального "0" - положения подвижного контакта датчика проводилась в начале испытаний, по стрелочному индикатору усилителя *БМС-4*.

Датчик *W-100*, рисунок 5, измерения линейных перемещений балки переднего моста автомобиля относительно его рамы, устанавливался посредством кронштейнов закрепляемых на корпусе амортизатора передней подвески. Шток подвижного контакта датчика посредством кронштейна (хомута) соединялся с нижней подвижной частью амортизатора.

Тарировка датчика *W-100* осуществлялась с помощью линейки согласно существующей методики [3]. При проведении испытаний первоначально устанавливался "0" - положения подвижного контакта датчика по стрелочному индикатору усилителя *KWS / 6A-5*.

В качестве датчиков измерения величин крутящих моментов на коротких полуосях ведущих мостов и карданных валах привода среднего и заднего ведущих мостов автомобиля использовались проволоочные тензорезисторы марки *КФ5Р2-3-400*. Подбор тензорезисторов осуществлялся на точностью до 0,02 Ом. Наклейка тензорезисторов на полуосях (рисунок 6) и карданных валах проводилась согласно схеме рисунок 7 с соблюдением существующих требований [4]. Схема подключения моста к усилителю *KWS / 6A-5* представлена на рисунок 8. Балансировка тензомостов

проводилась по емкостному и активному сопротивлению.

Тарировка динамометрических валов полуосей и карданных передач проводилась на стенде для испытаний на статическую прочность - рис. 9. Схема установки полуосей и валов карданных передач на стенде и подключения измерительных приборов представлена на рис. 10. Создаваемое на валах усилие контролировалось по образцовому цифровому вольтметру *55Д31 (ДИСА, Дания)* - см. рисунок 9, рисунок 10, поз.1. По полученным калибровочным величинам построены тарировочные графики динамометрических валов.

Снятие с вращающихся валов карданных передач электрических сигналов, поступавших от датчиков измерения величин крутящего момента, осуществлялось посредством щеток токосъемного устройства установленного в специальном кожухе - рисунок 11 [5, 7]. Крепление кожуха к раме автомобиля упругими жгутами обеспечивало фиксацию его от поворота при вращении вала карданной передачи и подвижность относительно рамы при изменении угла наклона вала карданной передачи [6].

Проверка работоспособности розеток осуществлялась в ходе испытания. Для уменьшения помех, создаваемых работой электрооборудования на все тензометрические каналы между магнитографом и тензостанцией, были установлены фильтры [8].

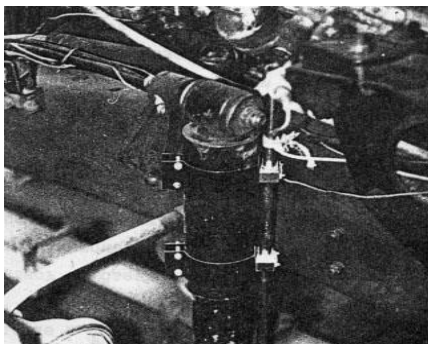


Рис. 5. Общий вид датчика *W-100*, установленного на амортизаторе передней подвески.

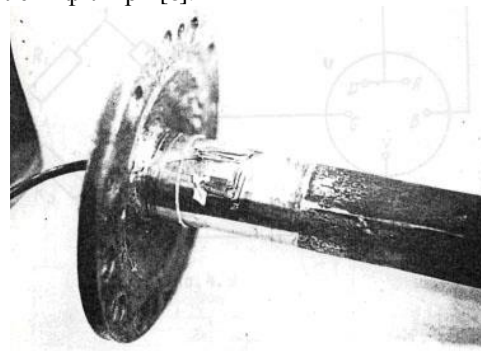


Рис. 6. Установка тензорезисторов на полуоси.

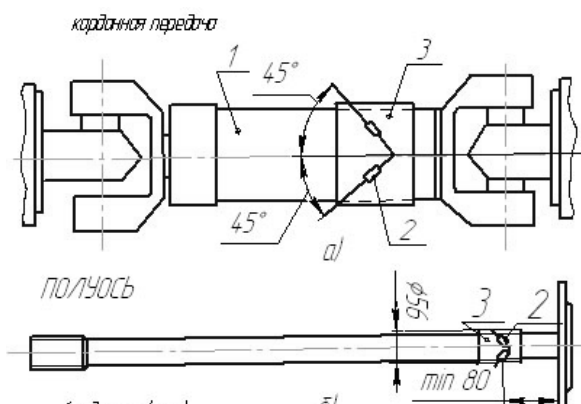


Рис. 7. Схемы наклейки тензорезисторов на динамометрические валы:
1 – деталь (узел); 2 – тензорезистор; 3 – обмотка (гидроизоляция).

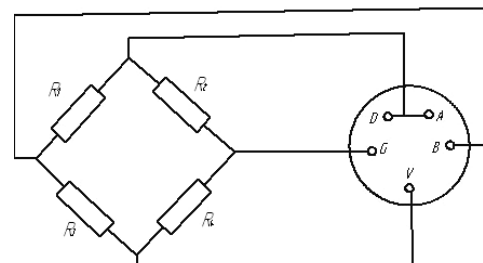


Рис. 8. Схема подключения тензорезисторов к усилителю.

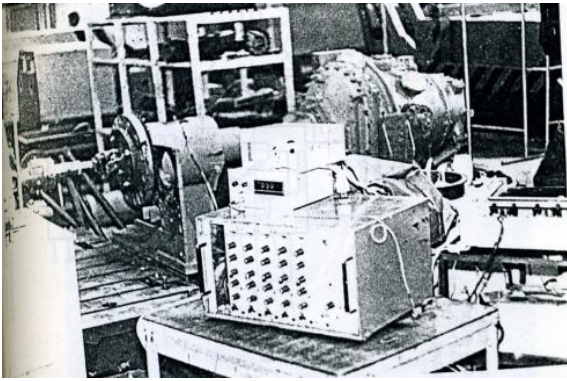


Рис. 9. Вид обший стенда для тарировки динамометрических валов.

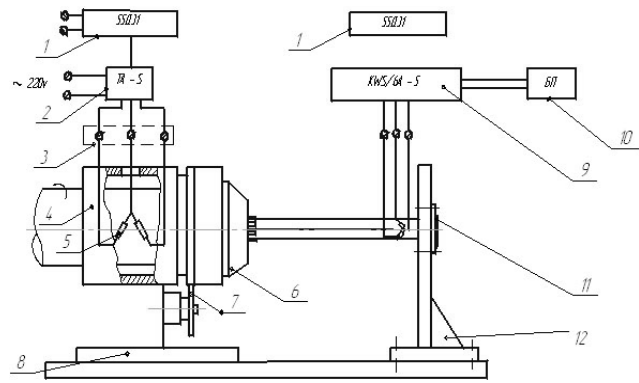
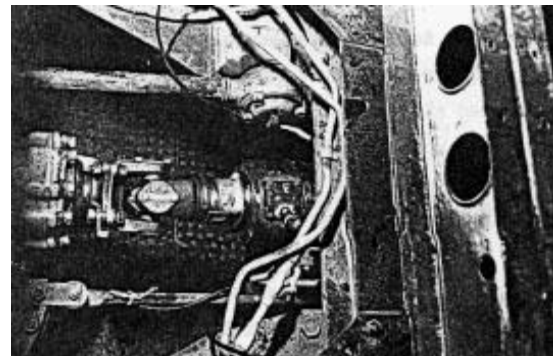


Рис. 10. Схема установки динамометрического вала и подключения измерительных устройств на стенде при тарировке:

1 – вольтметр; 2 – тензоусилитель; токосъёмник; 4 – планшайба; 5 – торсион оттарированный (эталонный); 6 – фланец переходной; 7 – датчик многооборотный потенциометрический; 8 – плита базовая; 9 – усилитель; 10 – блок питания; 11 – вал динамометрический; 12 – стойка.



а) на карданную передачу



б) карданная передача в трансмиссии автомобиля

Рис. 11. Установка токосъемного устройства.

Датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя Materflow устанавливался в картере маховика двигателя на месте указателя верхней мертвой точки.

Датчик ВВ 23-Р18 частоты вращения карданного вала привода среднего ведущего моста, рисунок 12, устанавливался на кронштейне, который крепился к крышке подшипника вторичного вала коробки передач. Аналогичным образом осуществлялась установка датчика ВВ23-Р18 частоты вращения карданного вала привода заднего ведущего моста

автомобиля. Датчик посредством кронштейна крепился к крышке подшипника ведущего вала главной передачи заднего ведущего моста. Якоря датчиков, выполненные в виде флажка, крепились к болтовым соединениям фланцев карданных валов и соответственно фланцев коробки передач и главной передачи.

Датчики ВВ 13-26 частоты вращения полуосей ведущих мостов автомобиля устанавливались в специальных корпусах (рисунок 13) закрепляемых на ступицах ведущих

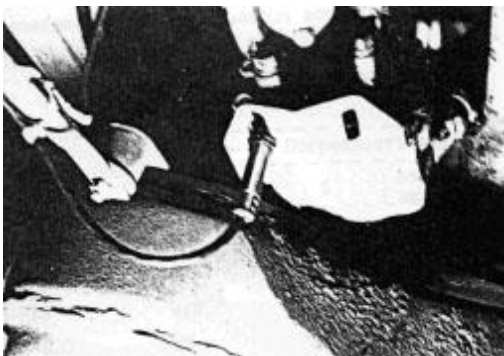


Рис. 12. Установка датчика ВВ23-Р18 в трансмиссии автомобиля..

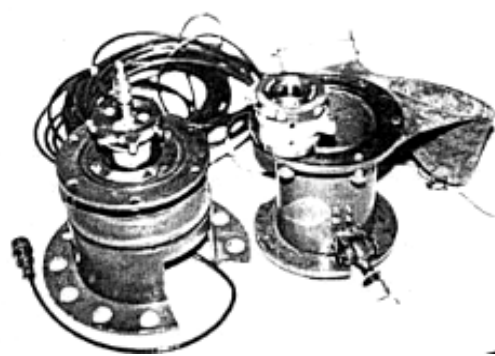
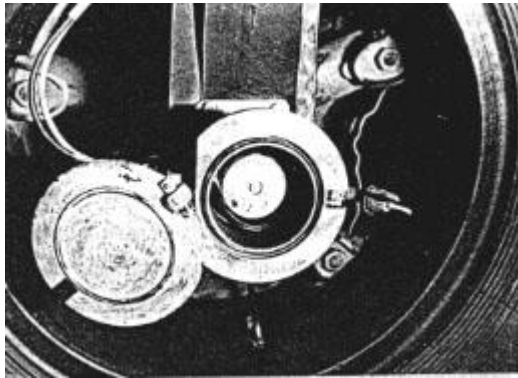


Рис. 13. Датчик ВВ 13-26 и токосъемники с элементами крепления.

колес автомобиля рисунок 14, а. В этом же корпусе устанавливались торцевые токосъемные устройства SK-6 (НВМ, Германия), (рисунок 14, а) служившие для передачи с вращающейся полуси электрических сигналов, поступающих от датчиков измерения величин крутящего момента.

Конструкция корпуса обеспечивала его неподвижность относительно вращающегося колеса автомобиля, рис. 14 а, б. Необходимая подвижность корпуса относительно кузова автомобиля при нерадениях ведущих мостов, достигалась специальной конструкцией соединения корпуса с кузовом, рис.14, б.



а) ступица колеса



б) фиксация относительно корпуса автомобиля

Рис. 14. Установка датчика ВБ 13-26 и токосъемника SK-6.

Первичная обработка информации проводилась с использованием (рисунок 15) следующих устройств: настольная электронная клавишная вычислительная машина модели HP 9830A (*Hewlett-Packard*, США); графопостроитель HP 9862; термопринтер HP 9866; считыватель координат HP 9864. Используемая аппаратура и необходимое программное обеспечение позволили получить статистические характеристики исследуемых процессов.

Исходными данными для расчета статистических характеристик служила запись исследуемых процессов на осциллографическую бумагу, получаемая с помощью осциллографа К 12-24. В качестве примера на рисунке 16 показаны осциллограммы исследуемых процессов. Индексация фиксируемых параметров на рис. 1 и индексация кривых осциллограммы на рисунке 16 совпадают.

Таблица 4

Величины погрешностей измерений датчиков, использовавшихся в процессе проведения экспериментальных исследований

№ п/п	Датчики	Размерность	Погрешность измерения	
			%	Абсолютная величина
1	<i>Materflow</i>	мин ⁻¹	-	$\pm 4,03 \cdot 10^{-3}$
2	<i>ВБ 13-26</i>	мин ⁻¹	-	$\pm 1,242 \cdot 10^{-2}$
3	<i>ВБ 23-Р18</i>	мин ⁻¹	-	$\pm 1,643 \cdot 10^{-2}$
4	<i>КФ5Р2-3-400</i>	кН·м	± 5	-
5	<i>W 100</i>	мм	-	$\pm 2,0210 \cdot 10^{-3}$
6	<i>СР-5S</i>	рад	-	$\pm 1,242 \cdot 10^{-2}$

Программа обработки результатов измерений включала: считывание ординат процесса с осциллограммы; сглаживание процесса; расчет статистических характеристик процесса.

Считывание ординат процесса с осциллограмм осуществлялось полуавтоматическим способом с помощью считывателя координат *ВР 9864* путем проводки по линии записи визиром датчика считывателя. Отчеты снимались с шагом $D_0 = 0,06''$ (1,52 мм), дискретность оцифровки ординат - 0,01'' (0,25 мм). Оцифровка осциллограммы проводилась отдельными ка-

драми длиной 389 мм. С каждого кадра снимались значения $256 = 2^8$ ординат и представлялись в виде массива исходных данных.

Сглаживание процесса осуществлялось построением сглаживающего кубического сплайна в соответствующих узлах. Производная процесса заменялась производной сплайна.

При расчете спектральной плотности процесса использовался алгоритм быстрого преобразования Фурье и сглаживание по методу Бартлетта. В соответ-

стии с этим методом на ЭВМ определялась выборочная спектральная плотность для каждого обрабатываемого кадра, а оценка спектральной плотности

определялась усреднением выборочных спектральных плотностей по всем кадрам [9].

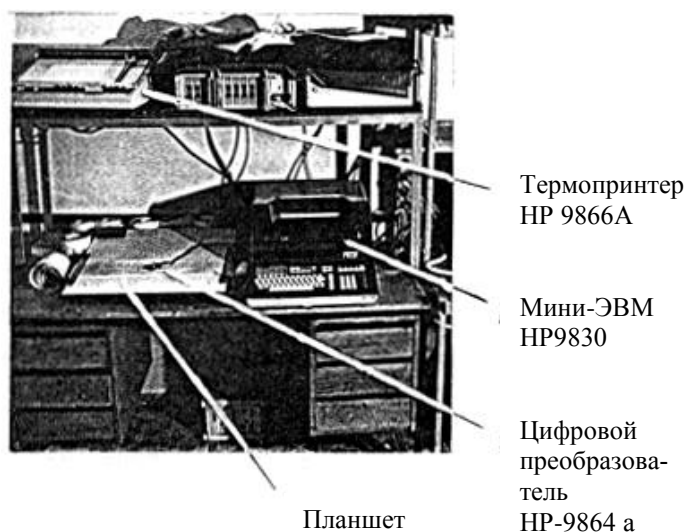


Рис. 15. Комплекс аппаратуры для обработки осциллограмм процессов

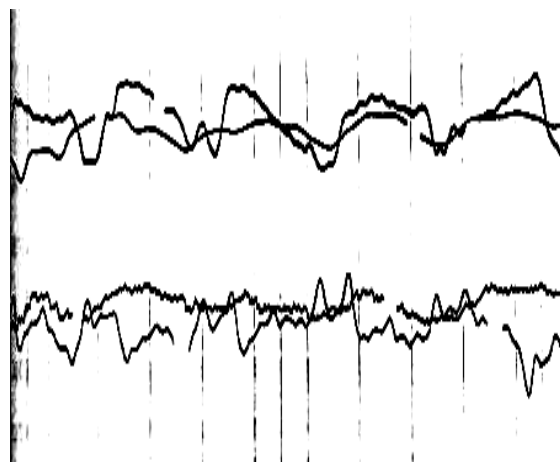


Рис. 16. Пример осциллограммы процессов динамического нагружения элементов трансмиссии

Выводы

В статье обоснованы параметры и конструктивные особенности экспериментальной установки для исследования динамических процессов нагружения трансмиссии транспортного средства. Форма представления результатов экспериментальных исследований позволяет провести их сравнение с результатами аналитических исследований.

Литература

1. Линник І.І., Комов О.Б., Комов П.Б., Грицук І.В., Бабанін А.А. До питання дослідження динамічного навантаження деталей трансмісії транспортного засобу в умовах експлуатації. / Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2010 – Випуск №21. 257с., С. 141-16013.
2. Ковалев С.А., Олефир А.И., Грицук И.В. Комплекс измерительно-регистрающей аппаратуры для исследования переходных процессов в сварочном агрегате АС-81 / КАДИ.-К., 1988.-15 с.- Деп. в УкрНИИНТИ 12.05.88, №1177-Ук88.
3. Карузин О.И., Бахмутов С.В. Измерительная аппаратура применяемая при испытаниях автомобиля. М.: МАМИ. 1964. 55 с.
4. Тензорезисторы КФ4 и КФ5. Техническое описание и инструкция по наклейке. Опытный завод порционных автоматов им.Ф.Э.Дзержинского. Киев: 1988. 19 с.
5. Островерхов Н.Д., Русецкий Н.К., Бойко Л.И. Динамическая нагруженность трансмиссии колесных машин. - Минск: Наука и техника, 1977.-192с.
6. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / под ред. А.И.Гришкевича. -М.: Машиностроение, 1984. -272 с.
7. Альгин В.Б., Павловский В.Я., Поддубко С.Н. Динамика трансмиссии автомобиля и трактора / Под ред. И.С.Цитовича. Нянек: Наука и техника, 1986. 214 с.
8. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. -М.: Транспорт, 1985. -215 с. 12.
9. Дженкинс, Ватте. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1972. 250 с.
10. Комов О.Б., Комов П.Б., Грицук І.В., Комов А.П. Урахування особливостей реального процесу роботи елементів трансмісії транспортного засобу в математичному моделюванні експлуатаційного навантаження. / Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2010 – Випуск №22. 257с., С. 141-160