

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ НАГРУЖЕННОСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН

М.И. Абрамов

При выполнении исследовательских работ по анализу нагрузки колесных машин, как правило, появляется большой объем экспериментальных и расчетных данных, требующих статистической обработки и хранения. С этой целью разрабатываются специализированные базы данных.

Ключевые слова: нагрузка; временная реализация; случайный процесс; спектральный анализ; база данных.

В процессе проектирования колесной машины наиболее объемным и значимым является этап расчетных исследований и экспериментальной отработки конструкции. В ходе исследований динамики движения и нагрузки колесной машины записывается большой объем данных по напряжениям, виброускорениям, относительным перемещениям, скоростям движения. Как правило, эти данные представляют собой временные реализации случайного процесса. На основании полученных данных проводится анализ нагрузки конструкции, идентификация расчетной модели, проверочные расчеты.

Перед анализом конструкции все полученные данные необходимо систематизировать по группам датчиков, по маршрутам движения, по заездам на каждом маршруте, по участкам в пределах каждого заезда. В результате в процессе анализа, при выборе конкретного заезда и участка движения, должно быть видно временные реализации, принадлежащие именно данному участку движения (рис. 1). Учитывая тот факт, что в процессе иссле-

дований накапливается более 1000 записей временных реализаций различной длины и размерности, необходима автоматизация обработки данных.

Реализация данной задачи возможна за счет создания специализированной базы данных (БД) на основе графического пользовательского интерфейса (GUI). При этом к БД предъявляются следующие требования:

- ни один измеренный процесс не может быть потерян;
- должна выполняться гибкая автоматизированная обработка большого числа процессов;
- необходимо обеспечить быстрый доступ и наглядное отображение каждого процесса;
- требуется удобство и безошибочность работы за счет внедрения в БД необходимой справочной информации по структуре и характеристикам испытаний, измеренным процессам и правилам работы с БД.

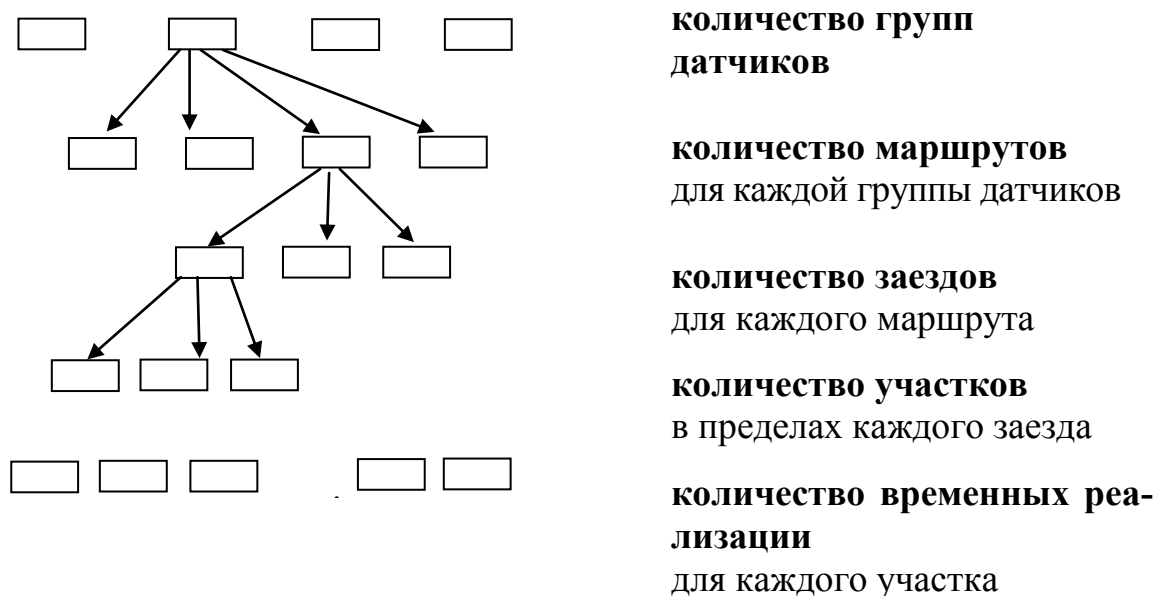


Рис. 1. Блок-схема базы данных

Разработанная БД (рис. 2) позволяет решить следующие задачи:

- построить график временных реализаций заездов колесной машины по любому маршруту: по отдельности или всех сразу;
- построить график временных реализаций участков, относящихся к определенной категории дорог (всех сразу или по отдельности) отдельно или на фоне полного сигнала;
- предварительно, перед выводом графиков, провести необходимую фильтрацию;
- провести спектральный анализ любого отрезка временной реализации, причем выбор отрезка осуществляется с помощью «мыши»;
- построить график нагрузочного режима, полученного путем схематизации измеренных временных реализаций методом «падающего дождя»;

- оценить любой стационарный участок временной реализации с точки зрения соответствия распределения его мгновенных значений нормальному закону;
- сохранить выбранный сигнал в файл для последующей обработки в любой другой программе;
- получить справочную информацию по отдельным группам участков, заездам, маршрутам;
- посмотреть места установки датчиков, их описание.

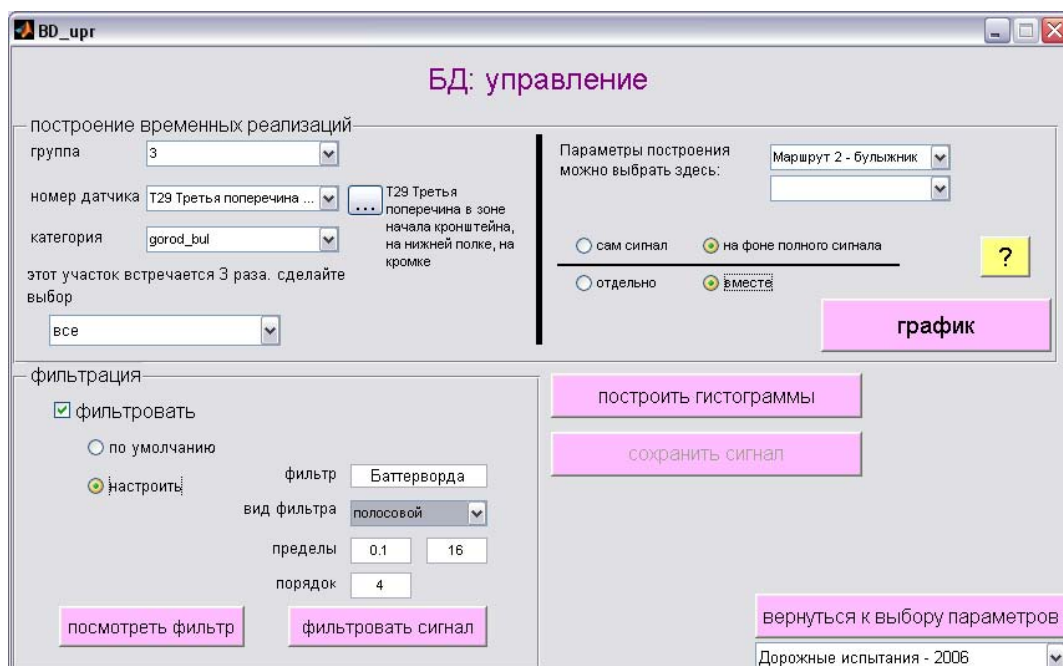


Рис. 2. Форма с параметрами построения графика

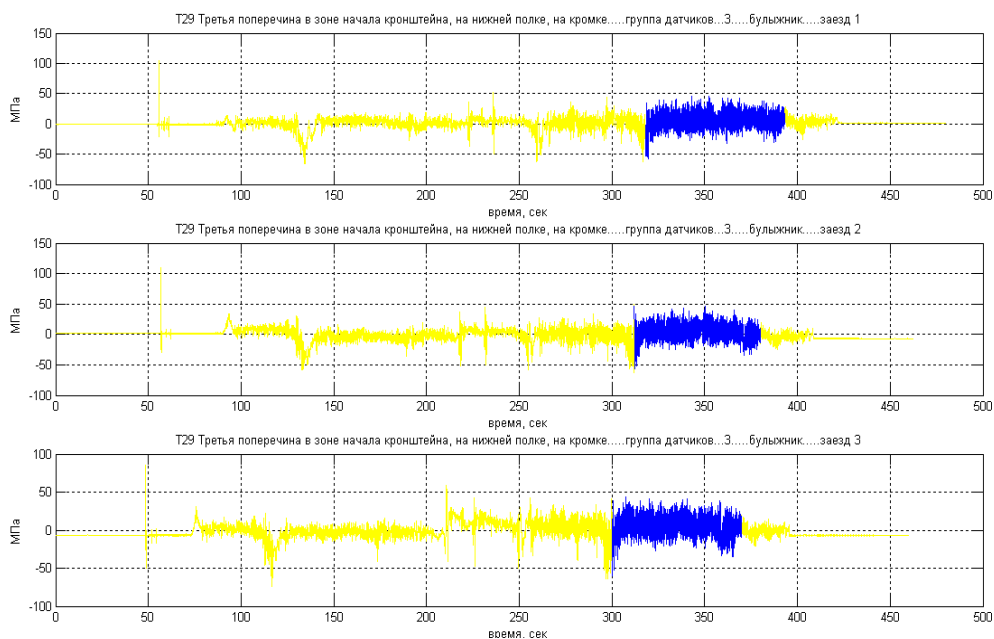


Рис. 3. Пример построения графика

Кроме сортировки массивов данных и вывода графиков временных реализаций в разработанной БД предусмотрена дополнительная обработка сигналов: спектральный анализ и анализ уровня нагруженности.

Спектральный анализ проводится только для отрезков временных реализаций, имеющих признак стационарности. Выполняется методом Уэлча, при котором временная реализация разбивается на ряд перекрывающихся сегментов, как показано на рис. 4.

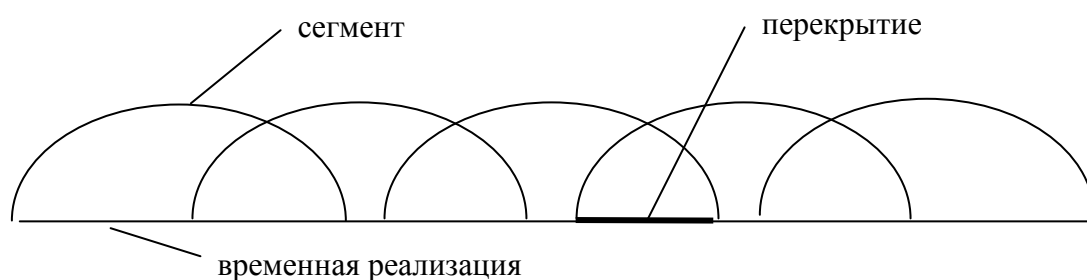


Рис. 4. К описанию метода Уэлча

Результирующая спектральная плотность находится путем осреднения спектральных плотностей отдельных сегментов. В программе используется окно Хамминга. Имеется возможность настроить два параметра метода Уэлча: размер окна и размер перекрытия. Размер окна – число временных точек одного сегмента (окна). Выбирается из ряда значений 2^i , где i – положительное целое число. Связь между числом сегментов (k), размером временной реализации (n), размером окна (s) и размером перекрытия (o) определяется выражением:

$$k = \frac{n - o}{s - o}. \quad (1)$$

Программа позволяет провести спектральный анализ любого отрезка временной реализации. Для этого строится график временной реализации, выбирается необходимый диапазон (рис. 5), и запускается расчет спектральной плотности мощности (СПМ). В дополнительно всплывающем окне задаются необходимые параметры для расчета (рис. 6). После этого производится построение графика СПМ и расчет СКЗ (рис. 7).

В качестве проверки стационарности выбранного диапазона временной реализации выполняется построение графика плотности вероятности мгновенных значений и распределение по нормальному закону (рис. 8).

Помимо временных реализаций в БД хранятся нагрузочные режимы всех измеренных временных реализаций напряжений. Под нагрузочным режимом понимается дискретизированная функция распределения амплитуд напряжений, приведенная к 100 км пробега по типовой для данного класса колесной машины схеме эксплуатации. Функция распределения амплитуд напряжений вычисляется путем схематизации методом «падающе-

го дождя» временных реализаций отдельных измеренных участков, с последующим их осреднением в пределах категории участков и между категориями. Для построения графика нагрузочного режима в БД выбирается тензодатчик, и строится график нагрузочного режима (рис. 9 и 10).

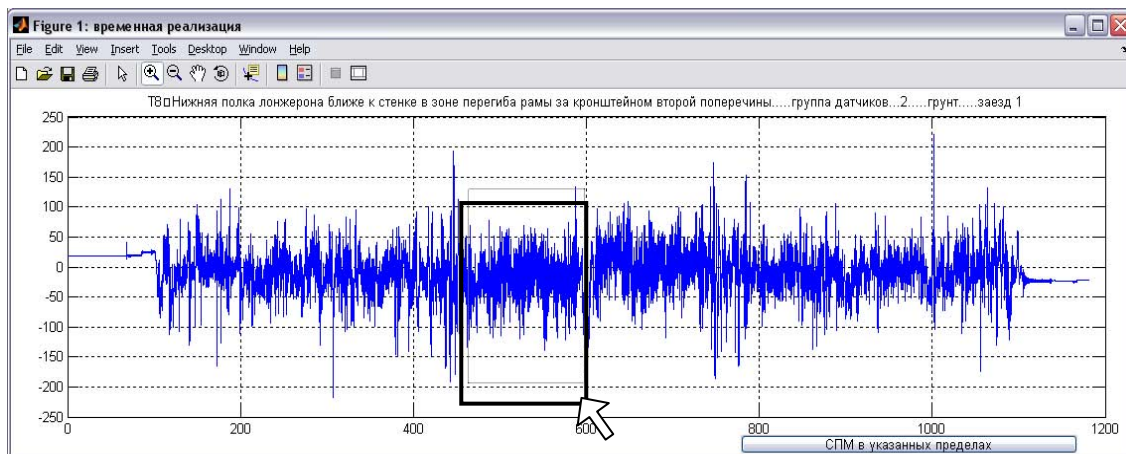


Рис. 5. Выбор участка для построения СПМ

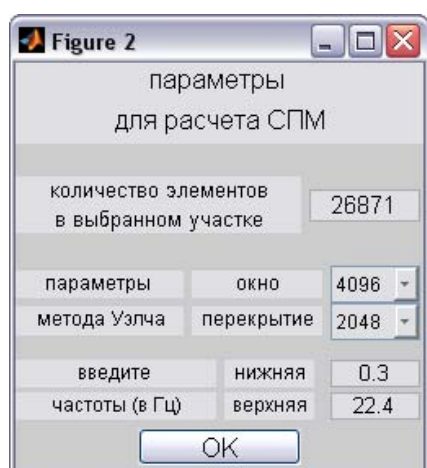


Рис. 6. Параметры для расчета СПМ

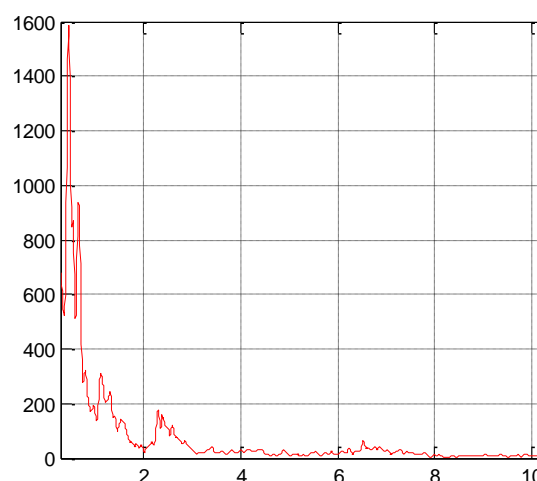


Рис. 7. График СПМ

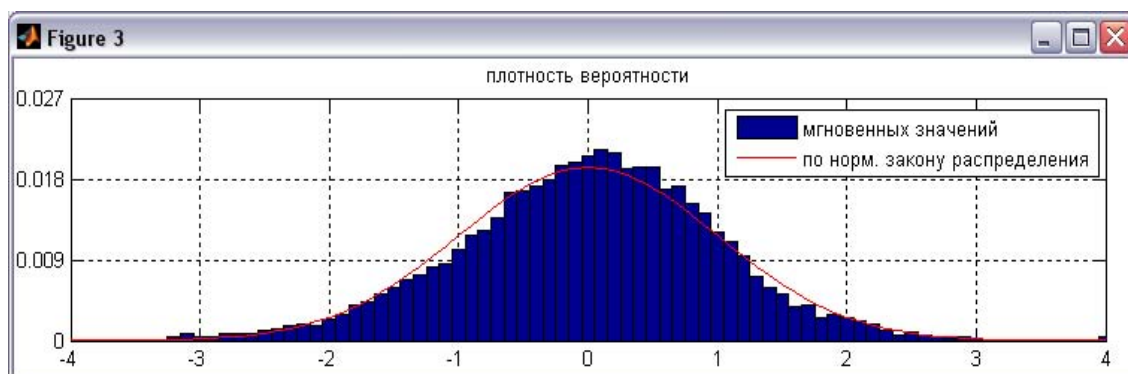


Рис. 8. Проверка закона распределения мгновенных значений

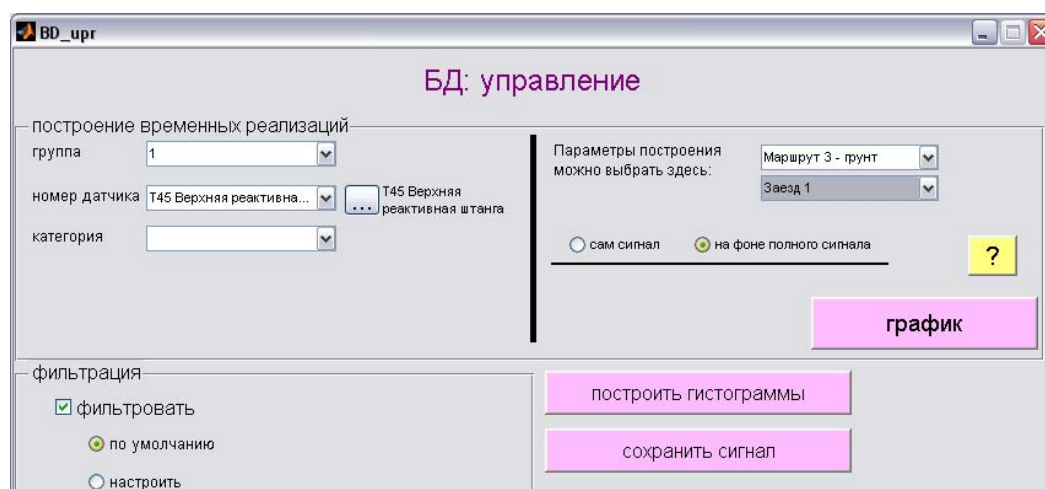


Рис. 9. Форма с параметрами построения гистограммы

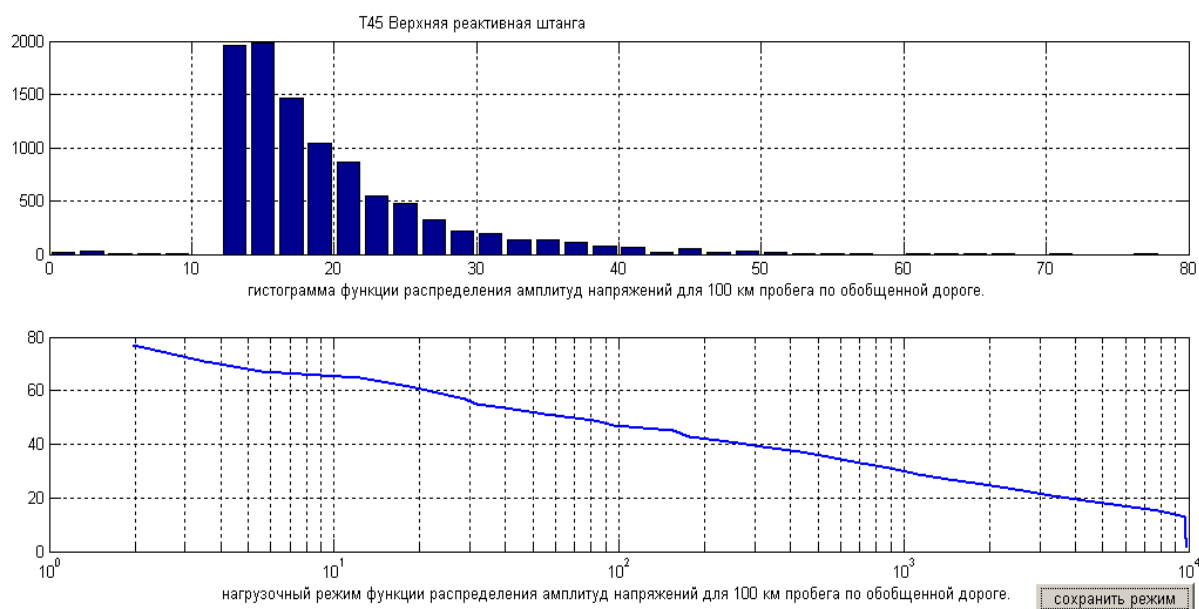


Рис. 10. Графики нагрузочного режима

Нагрузочный режим выводится в виде двух графиков:

- а) в виде гистограммы, где по оси X отложены интервалы амплитуд, а по оси Y – число циклов для каждого из этих интервалов при пробеге 100 км;
- б) в виде зависимости, где по оси Y отложен уровень амплитуд напряжений, а по оси X – число циклов, превышающих этот уровень за 100 км пробега.

Разработанная БД также содержит подробную справочную информацию с описанием условий испытаний, схем размещения датчиков по группам и заездам.

Автоматизация хранения и обработки данных в значительной степени сокращает время анализа полученных результатов, позволяет сравнивать расчетные и экспериментальные нагрузочные режимы, позволяет схематизировать режимы стендового нагружения для отдельных элементов конст-

рукции. Кроме того, создание специализированных баз данных позволяет накапливать базу знаний и, как следствие, стандартизировать нагрузочные режимы в процессе проектирования колесной машины.

Библиографический список

1. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2006. – 751 с.
2. Ануфриев, И.Е. Matlab 7 / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
3. ГОСТ 25.101-83. Расчеты и испытания на прочность. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. – М.
4. Краснокутский, В.В. Состояние вопроса и постановка экспериментального исследования по оценке безопасности дорожного движения автопоездов / В.В. Краснокутский, М.Г. Штыка // Сборник научных трудов факультета «Машиностроительный» филиала ЮУрГУ в г. Миассе, Конструкции, технологии, управление в машиностроении и строительстве. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 221 с.