

А.В. Зайцев, аспирант ОмГУПС

А.А. Лагаев, аспирант ОмГУПС

В.Н. Костюков, научный руководитель, д.т.н., профессор ОмГУПС  
НПЦ «Динамика», г.Омск

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ЧИСЛА ДАТЧИКОВ ВIBРАЦИИ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

На сегодняшний день актуальной является задача диагностирования колесно-моторных блоков подвижного состава. Подшипниковые узлы колесных пар и колесно-моторных блоков (КМБ) подвержены наибольшим динамическим нагрузкам и от их состояния во многом зависит безопасность движения поездов.

Для диагностирования КМБ принято использовать 6 датчиков вибрации, устанавливаемых на основные подшипниковые узлы (буксы, редуктор, тяговый электродвигатель). Однако существует мнение, что такое количество датчиков избыточно и лишь увеличивает время проведения диагностических операций.

С целью определения возможности уменьшения числа датчиков вибрации при диагностировании колесно-моторных блоков электропоезда проведены исследования по влиянию диагностических признаков одних субъектов на другие.

Исходными данными для исследования являются базы данных системы КОМПАКС-ЭКСПРЕСС из депо Раменское (2003-2005 г.). Из баз данных системы формируется файл, который содержит таблицу диагностических признаков для каждой из 6 точек измерения.

Необходимо оценить корреляцию между признаками, которые принадлежат разным измерительным точкам.

Под измерительной точкой понимается место установки датчика вибрации на КМБ. Всего 6 измерительных точек:

1. Подшипник букса левая;
2. Подшипник ведомой шестерни редуктора;
3. Подшипник ведущей шестерни редуктора;
4. Подшипник тягового двигателя с противоколлекторной стороны;
5. Подшипник тягового двигателя с коллекторной стороны;
6. Подшипник букса правая.

Для каждой измерительной точки определены диагностические признаки: Ae, Ve, Se, Abpi, Abro, Abps, Absf, AenH, AenR, Aenv, Aftf, AHE, ARE, V1, V23, Azn, Azr, Azk. Во всех последующих обозначениях цифра в скобках после названия признака указывает на номер точки измерения.

Для определения взаимосвязи между признаками всех измерительных точек, строится матрица корреляции. Элемент матрицы  $x_{ij}$  это коэффициент корреляции между массивом значений признака  $i$  и признака  $j$  за период 2003-2005г. Коэффициенты корреляции между признаками,

которые принадлежат одной и той же контрольной точке, выделены в прямоугольник.

Признаки	Ael	Vel	Se1	Ae2	Ve2	Se2	Ae6	Ve6	Se6	...
Ael										
Vel										
Se1										
...										
Ae2										
Ve2										
Se2										
Ae6										
Ve6										
Se6										

Рисунок 1. Матрица корреляции между признаками  
всех измерительных точек

В первую очередь, интересны элементы матрицы от разных измерительных точек. Это все элементы, которые не попадают ни в один из выделенных прямоугольников.

Для полученной матрицы корреляции сначала выделяются все элементы, значения которых лежат в диапазоне  $|r| \geq 0,95$ , то есть коэффициент корреляции больше 0,95 и между признаками существует сильная функциональная связь. В данном случае наименьшая мера Линдера составляет  $(0,95)^2=0,9025$ , то есть в коррелирующих признаках процент совпадения информации составляет более 90%. Это означает, что в 90% случаев по одному признаку можно достоверно определить значения другого. В 10% случаев, такое определение будет ошибочным.

Далее в полученной матрице выделяются значения, лежащие в диапазоне  $0,85 \leq |r| < 0,95$ . В данном случае наименьшая мера Линдера составляет  $(0,85)^2=0,7225$ . Процент ошибки составляет менее 28%.

После этого в полученной матрице выделяются значения  $0,75 \leq |r| < 0,85$ , для которых мера Линдера составляет  $(0,75)^2=0,5625$ , и значения  $0,65 \leq |r| < 0,75$  с мерой Линдера не менее  $(0,65)^2=0,4225$ . Так же анализируется, есть ли различия при рассмотрении данных сгруппированных по номеру КМБ, от не сгруппированных данных.

Из рисунка 2 видно, что наблюдается ярко выраженная корреляция между признаками (Aenv, AenR), (Aenv, AenH), (AenH, AenR) (отмечены овалом). Средняя корреляция по всем измерительным точкам  $r(Aenv, AenR)=0,978$ ;  $r(Aenv, AenH)=0,978$ ;  $r(AenH, AenR)=0,92$ .

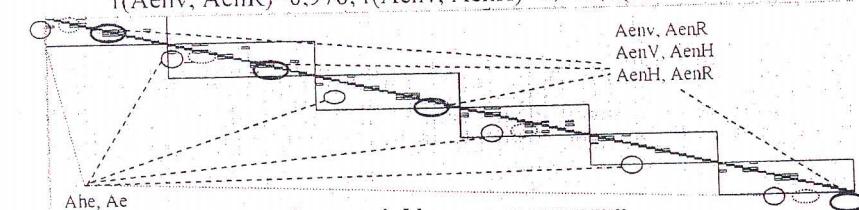


Рисунок 2. Матрица корреляции  
Корреляция ярко выражена на 1,2,3,6 измерительных точках. На 4,5 измерительных точках эта связь слабее.

Наблюдается зависимость между признаками ( $A_{re}$ ,  $A_{he}$ ) на измерительных точках 1,2,4,6 (на рисунке 2 отмечены пунктирным овалом). Зависимость устойчивая, среднее значение корреляции по всем измерительным точкам

$$r(A_{re}, A_{he})=0,96.$$

Хуже всего результаты на 5 и 3 измерительных точках.

Теперь в матрице корреляции выделяются элементы, лежащие в диапазоне  $0,85 \leq |r| < 0,95$ .

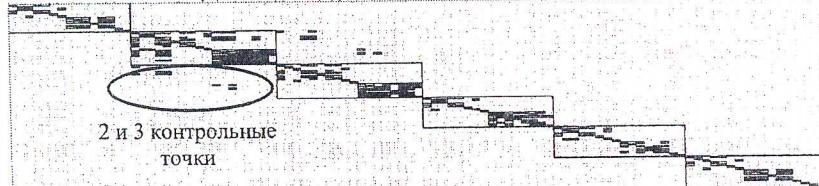


Рисунок 3. Матрица корреляции с выделенными элементами  $\geq 0,85$

Больше всего коррелирующих признаков выявлено на 2 измерительной точке.

Выявлены коррелирующие признаки между 2 и 3 измерительными точками. Ниже приведены коэффициенты корреляции для этих признаков. Цифра в скобках после названия признака указывает номер контрольной точки.

$r(A_{e3}, A_{e2})=0,85$ ;  $r(A_{e2}, A_{he}(3))=0,86$ ;  $r(A_{re}(2), A_{he}(3))=0,86$ ;  
 $r(A_{re}(2), A_{he}(3))=0,86$ ;  $r(A_{he}(2), A_{he}(3))=0,87$ ;  $r(A_{he}(2), A_{re}(3))=0,86$ ;  
 $r(A_{env}(2), A_{enV}(3))=0,85$ ;  $r(A_{enH}(2), A_{enV}(3))=0,85$ ;  $r(A_{enH}(2), A_{enH}(3))=0,85$ .

Из этих признаков стоит особо отметить

$$r(A_{e3}, A_{e2})=0,85,$$

у которой мера равна Линдера 0,72.

Теперь в матрице корреляции выделим элементы, лежащие в диапазоне  $0,75 \leq |r| < 0,85$

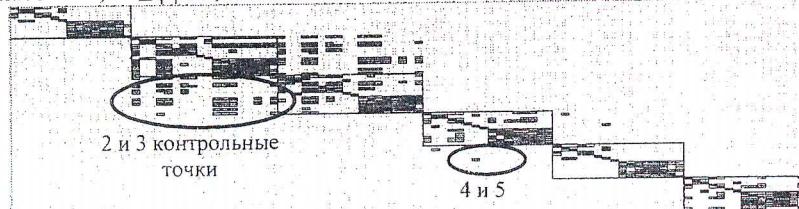


Рисунок 4. Матрица корреляции с выделенными элементами  $\geq 0,75$

Больше всего коррелирующих признаков выявлено на 2 измерительной точке. Из матрицы корреляции (рисунок 4) видно, что корреляция признаков между 2 и 3 измерительной точкой значительно усилилась. Добавились коррелирующие признаки между 4 и 5 контрольными точками.

$$r(Ve4, Ve5)=0,77,$$

$$r(V1(4), V1(5))=0,77.$$

Теперь в матрице корреляции выделим элементы, лежащие в диапазоне  $0,65 \leq |r| < 0,75$ .

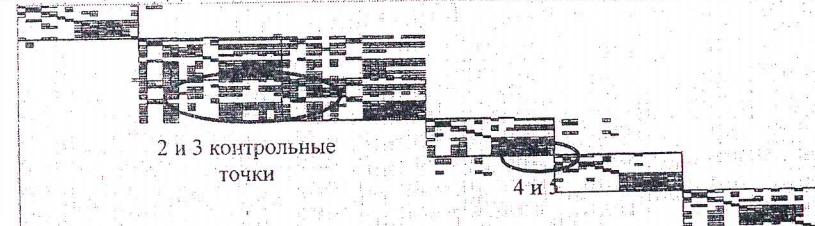


Рисунок 5. Матрица корреляции с выделенными элементами  $\geq 0,65$

Хорошо видно, что корреляция усиливается между 2 и 3 измерительными точками. Добавляются коррелирующие признаки между 4 и 5 измерительными точками. Между остальными точками корреляции нет или она очень слабая.

Выявлено, что корреляция между признаками в одном из случаев возникает из-за случайного сильного всплеска в этих функциях. Всплеск наблюдается в одной точке для всех этих функций. Самые функции при этом могут значительно различаться между собой.

Выявлено, что если корреляция между признаками сильная и устойчивая  $\geq 0,95$ , то она проявляется как при рассмотрении каждого отдельного КМБ, так и при рассмотрении всех вместе взятых КМБ.

Наиболее коррелированными оказались 2 и 3 измерительные точки (расположены на одной конструкции - редукторе). Из всех возможных корреляций (324 корреляции) между признаками 2-ой и 3-ей измерительными точками, коррелированными на уровне  $0,65 \leq r \leq 0,87$  оказалось 123 позиции, что составило 38% от всех возможных корреляций. Но признаки оказались коррелированы таким образом, что каждый признак, кроме  $V1$ , измерительной точки 2 выражается через признак измерительной точки 3.

В данном случае мера Линдера в лучшем случае составляет  $(0,87)^2=0,7569$ , а в худшем -  $(0,65)^2=0,4225$ . То есть, если убрать один датчик, например третий, то по второму датчику можно будет наблюдать дефект на 3 измерительной точке с вероятностью от 65% до 75%. Пропускать наличие неисправности на 3 измерительной точке будем с вероятностью от 25% до 35%.

Можно сделать вывод, что нецелесообразно уменьшать число измерительных точек, а, следовательно, и число датчиков, так как сильно выраженной корреляции между различными измерительными точками обнаружено не было.

<b>В.А.Беличенко, Г.Г.Мамаева</b> НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ СЛУЖБЫ ПЕРСОНАЛА В ОАО «Радиозавод им. А.С. Попова» (РЕЛЕРО)	84	<b>П.И. Коротков</b> АЛГОРИТМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ВЕКТОРА ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА ПО ВЕКТОРУ ИЗМЕРЕННЫХ ФАЗ ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	140
<b>А.А. Рябцева, Г.Г. Мамаева</b> РОЛЬ ГУМАНИЗАЦИИ ТРУДА В РАЗВИТИИ ПРОИЗВОДСТВА	85	<b>А.В. Зайцев, А.А. Лагаев, В.Н. Костюков</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ЧИСЛА ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИИ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА	154
<b>М.Ю.Савельева, Л.А.Шатохина</b> УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ГАЛЬВАНО-МАЛЯРНОГО ЦЕХА ОАО ОмПО «Радиозавод им. А.С.Попова» (РЕЛЕРО)	87	<b>А.Н. Лепетаев</b> РАСЧЕТ ШУМОВ АВТОГЕНЕРАТОРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОГРАММАХ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	158
<b>Р.А.Афанасьева</b> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ ОАО «Сибирьтелеkom»	89	<b>П.И. Коротков</b> АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ МНОЖЕСТВА ВЕКТОРОВ УТЕРЯННЫХ ФАЗ ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	162
<b>Л.В. Тузова, Р.А. Афанасьева</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В ПОДРАЗДЕЛЕНИИ Омского филиала ОАО «Сибирьтелеkom» СП «Телекомсервис»	91	<b>Е.Д.Бычков</b> ВЫБОР МАРШРУТА ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТА ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ	171
<b>Т.В.Маврина, Р.А. Афанасьева</b> АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ Омского филиала «ОАО Сибирьтелеkom»	92	<b>И. В. Хоменко</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕРМОСТАТИРОВАННОМ КВАРЦЕВОМ ГЕНЕРАТОРЕ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	175
<b>О.П. Матвейчук, Л.А. Шатохина</b> УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СБОРОЧНО-МОНТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО ОмПО «Радиозавод им А.С. Попова» (РЕЛЕРО)	94	<b>Д. А. Федотов, О. В. Литвинова</b> АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ	180
<b>Секция № 4 «<u>Новые результаты фундаментальной и прикладной науки»</u></b>		<b>К.В. Мурасов, С.А. Завьялов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫХ ИСКАЖЕНИЙ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА	183
<b>Подсекция 1 «Результаты научных исследований»</b>		<b>Е. А. Фадина</b> РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРГИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ	187
<b>В.Н.Костюков</b> МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	96	<b>Д.В. Казарин, Ал.В. Костюков</b> ВЫБОР ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ	189
<b>А.П. Науменко</b> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ	107	<b>А.Б. Ионов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ СЛУЧАЙНОГО СИГНАЛА ПРИ ЦИФРОВОМ ПОСТРОЕНИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ	195
<b>И.И. Семёнов, Н.Д. Шелковников</b> МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХ	118	<b>Н.Д. Вешкурцев, Ю.М. Вешкурцев</b> СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ АНАЛИЗАТОРА, ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНФОРМАЦИЮ С ПОМОЩЬЮ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ СИГНАЛА С РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ФАЗОЙ	197
<b>П.И. Коротков</b> ОБЛАСТЬ ОДНОЗНАЧНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	123	<b>В.И.Никонов</b> ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ	201
<b>Л. А. Шпрангель</b> АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ	134		



**МАТЕРИАЛЫ  
РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, БИЗНЕС**

**ученых, преподавателей, аспирантов, студентов,  
специалистов промышленности и связи,  
посвященной Дню радио**

**Омск – 2009**