

УДК 629.423 (075.8): 519.234

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КОМПРЕССОРНЫХ ВИНТОВЫХ АГРЕГАТОВ ЭЛЕКТРОВЗОВ 2ЭС6 «СИНАРА»

О. В. Гателюк¹, В. Г. Даньшин²

¹Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск;

²Сервисного Депо Московка, Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассмотрена надежность винтовых компрессорных установок, установленных на электровозах серии 2ЭС6 «Синара». Проведено сравнение надежности компрессорных установок старого и нового образцов, а также двух типов агрегатов компрессорных ДЭН и ВВ. Помимо этого исследовались статистическими методами надежность данных установок, эксплуатируемых в двух различных депо. В статье даны рекомендации по предупреждению неплановых отказов и заходов на ремонт.

Ключевые слова: грузовой электровоз, компрессорный агрегат, надежность, непараметрические методы математической статистики.

Введение

Развитие подвижного состава железных дорог идет по пути увеличения силовых и скоростных характеристик при одновременном снижении их материалоемкости. В связи с этим возрастают динамические нагрузки, механические воздействия и, как следствие, вибрационная нагруженность узлов и агрегатов подвижного состава. Вследствие этого возникают проблемы с надежностью дорогостоящего оборудования, установленного на нем.

Существующая проблема приводит к необходимости изменения принципов организации ремонта парка электровозов особенно в связи с обновлением локомотивного парка железных дорог России. Одним из новых видов электровозов является 2ЭС6 «Синара» (далее 2ЭС6). Сложившаяся ситуация не оставляет возможности устаревшего подхода к ремонту и мотивирует руководство ремонтных и эксплуатационных депо к переходу на абсолютно новые принципы его организации.

Возросла необходимость пересмотра общего подхода к стратегии ремонта и обслуживания оборудования электроподвижного состава. Статистика отказов по ремонтным депо показывает, что данная проблема характерна для всех депо, имеющих данный тип подвижного состава.

Рассмотрим перечисленные выше проблемы на примере компрессорных агрегатов электровозов 2ЭС6. Данный электровоз поставляется с завода изготовителя с компрессорной установкой одного из двух типов: ВВ 3,5 изображенный на рисунке 1, и ДЭН 30 МО изображенный на рисунке 2.



Рис. 1. Агрегат компрессорный ВВ 3,5



Рис. 2. Агрегат компрессорный ДЭН 30 МО

Электровозы этой серии эксплуатируются с 2007 года в депо Екатеринбург, а с 2009 года в депо Омск. За период эксплуатации накоплен большой статистический материал, позволяющий проанализировать пробеги до

отказа агрегатов компрессорных типа ВВ-3,5 МО и ДЭН-30 и наметить общую стратегию их ремонта. Этот материал также позволяет определить наиболее вероятные пробеги, при которых чаще всего происходит отказ, и наиболее уязвимые узлы агрегатов компрессорных электровозов и сравнить их по названному депо. Можно отметить, что условия эксплуатации электровозов в уральском регионе более жесткие по сравнению с Омским.

Целью настоящей работы является:

1) Сравнить статистику отказов в депо Московка (Омск) с аналогичной статистикой в депо Екатеринбург.

2) Сделать из обработки материалов выборок необходимые выводы и дать соответствующие рекомендации ремонтным локомотивным депо.

Статистическое исследование надежности компрессорных установок электровозов

Последовательность исследований заключается в следующем:

- 1) Сбор статистической информации.
- 2) Обработка (возможность определения вида теоретического закона распределения для каждой из выборок).
- 3) Сравнение выборок.
- 4) Анализ особенностей каждой из выборок.
- 5) Выявление связи особенностей этих выборок с видами отказов.
- 6) Практические рекомендации.

Авторами был проведен сбор статистической информации о пробегах до отказов компрессорных установок электровозов серии 2ЭС6 в ремонтных депо Московка (Омск) и Екатеринбург и ее обработка. Было проведено поинтервальное группирование статистических данных пробегов до отказа АКВ, на основании чего получены следующие гистограммы по локомотивным депо (ТЧ) Московка (Омск) и Екатеринбург, приведенные на рисунке 3 и 4.

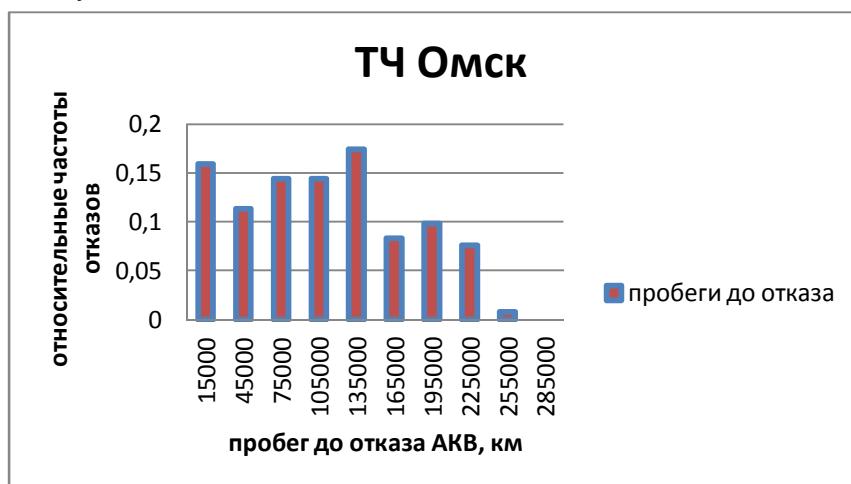


Рис. 3. Гистограмма интенсивности отказов по материалам депо Омск



Рис. 4. Гистограмма интенсивности отказов по материалам депо Екатеринбург

С помощью критерия согласия χ^2 Пирсона было показано, что ни одно из часто используемых распределений (нормальное, логарифмически-нормальное, Вейбулла-Гнеденко, экспоненциальное) не удовлетворяет совокупности исходных данных ни по одному из депо. Наблюдаемые значения критерия для разных типов распределения и различных типов выборок находились в интервалах от 18,9 до 38,4 при критических значениях при уровне значимости 0,05, равных 16,9 для выборки по ТЧ Екатеринбург и 12,6 по ТЧ Омск. Это показывает, что для дальнейшей обработки данных и получения результатов необходимо использовать непараметрические методы математической статистики [1,2]. Одним из таких методов является критерий Крамера-Уэлча [3,4].

Данный критерий, в отличие от обычно используемого для этих целей критерия Стьюдента, не предполагает, что распределение генеральной совокупности, из которой взяты выборки, является нормальным. Он был использован в статьях для решения различных инженерных задач [5,6].

Пусть X и Y – две случайные величины. Проверим статистическую гипотезу H_0 о равенстве математических ожиданий этих двух случайных величин: $M(X)=M(Y)$ при альтернативной гипотезе $M(X) \neq M(Y)$. Критерий Крамера-Уэлча основан на статистике:

$$T_{\text{набл}}^* = \frac{\sqrt{mn}(\bar{x}-\bar{y})}{\sqrt{ns_x^2+ms_y^2}} \quad (1)$$

где \bar{x} и \bar{y} – соответствующие выборочные средние, s_x^2 и s_y^2 – соответствующие выборочные дисперсии, а m и n – объемы соответствующих выборок. Задав уровень значимости α , сравниваем модуль найденного значения статистики $|T_{\text{набл}}^*|$ с критической точкой $T_{\text{крит}}^*$, которую находим из соотношения $\Phi(T_{\text{крит}}^*) = \frac{1-\alpha}{2}$, здесь

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (2)$$

– функция Лапласа.

Если $|T_{\text{набл}}^*| < T_{\text{крит}}^*$, то нет оснований отвергнуть гипотезу о равенстве математических ожиданий, в противном случае $|T_{\text{набл}}^*| > T_{\text{крит}}^*$, нулевая гипотеза отвергается.

На основании расчетов наблюдаемое значение критерия Крамера – Уэлча оказалось равным $T=2,48$, что при уровне

значимости 0,01 позволяет говорить о статистически значимом различии средних значений пробегов до отказа АКВ, то есть средний пробег до отказа в депо Омск меньше, чем в депо Екатеринбург. Это связано с тем, что электровозы в депо Екатеринбург эксплуатируются дольше, чем в депо Омск, в связи с этим в депо Екатеринбург чаще встречаются большие пробеги до отказа.

Анализ формы гистограммы показывает, что как для условий Западно-Сибирского, так и Уральского регионов характерно возрастание относительных частот отказов по данному виду оборудования в интервалах 120000-150000 и соответственно 210000-240000 километров пробега.

Нетрудно показать, что кривые интенсивности отказов для двух сравниваемых депо близки между собой (коэффициент ранговой корреляции между значениями интенсивностей $R=0,85$). Данный коэффициент ранговой корреляции является значимым при уровне значимости 0,05, таким образом, можно заключить, что проблемы с отказами данного типа оборудования аналогичны в обоих депо. Можно сделать вывод, что данные пробеги являются критическими для компрессорного оборудования электровозов серии 2ЭС6.

На основании результатов обработки бортовых журналов ТУ-28 можно сделать вывод о том, что наиболее частыми причинами отказов при критических значениях пробегов являются:

- Выброс масловоздушной смеси.
- Низкое качество изготовления комплектующих частей.
- Ошибки локомотивных бригад.
- Неадаптированность к суровым климатическим условиям.
- Напряженный режим работы компрессорных установок.

В основном этими причинами и обуславливается увеличение интенсивностей отказов при перечисленных выше пробегах.

Из полученных результатов и расчетов следует, что необходимо обратить пристальное внимание на параметры работы компрессора при подходах к критическим значениям пробегов.

Авторы предлагают для снятия рабочих характеристик АКВ использовать диагностический комплекс «Компакс М»

Заключение

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- изучение выборок непараметрическими методами математической статистики позволило показать, что, несмотря на более длительный срок эксплуатации электровозов серии 2ЭС6 в депо Екатеринбург по сравнению с депо Омск проблемы с компрессорным оборудованием аналогичны;

- необходимо дальнейшее изучение статистики отказов и постепенный переход от планово предупредительной системы ремонта к системе по текущему состоянию конкретного агрегата или с учетом его фактического состояния. Это позволит снизить затраты на ремонт и техническое обслуживание, а также увеличить межремонтный пробег до значений этого параметра для аналогичного оборудования электровозов ВЛ10 и ВЛ10К [7,8];

- необходимо усилить контроль за параметрами работы агрегатов и, возможно, изменить режимы работы компрессорного оборудования при подходе к критическим значениям пробега;

- необходимо проводить постоянный мониторинг состояния оборудования и вести статистический контроль надежности оборудования на основе накопленных данных по отказам, обязательно включающим в себя пробег до отказа от начала эксплуатации, от последнего технического обслуживания или ремонта, а также время и дату отказа и, по возможности, климатические факторы при отказе;

- необходимо переработать технологические карты на обслуживание АКВ, с учетом всех рекомендаций завода-изготовителя, а также предложенных авторами, полученных на основании расчетов надежности.

Библиографический список

1. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
2. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности / Б.В. Гнеденко, Ю.К.Беляев, А.Д.Соловьев. – М.: Издательство «Наука», 1965. – 505 с.
3. Орлов, А.И. Эконометрика: учебное пособие для вузов / А.И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2002. – 576 с.
4. Орлов, А.И. О проверке однородности двух независимых выборок / А. И. Орлов // Заводская лаборатория – 2003. – Т.69. № 1. – С.55-60.
5. Бугай, Ю. М. Статистическое исследование энергоэффективности грузовых электровозов постоянного тока локомотивного депо Белово / Ю.М. Бугай, О.В. Гателюк // Вестник СибАДИ. – 2013. – № 5 (33). – С. 81-88.

6. Эрбес В.В. Оценка эффективности работы энергосберегающих устройств в сетях железнодорожных узлов со стабильной нагрузкой / В.В. Эрбес, В.В. Гателюк, А.А. Комяков // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития: Материалы научно-практической интернет-конференции. – Одесса, 2013. – С. 24–31.

7. Руководство по эксплуатации 2ЭС6.00.000.000 РЭ.

8. Малыгин, А.А. Электровоз 2ЭС-6 / А.А. Малыгин. – Трансиздат, 2010. – 178 с.

OPERATIONAL RELIABILITY OF COMPRESSOR ELECTRIC SPIRAL UNITS OF 2ES6 «SINARA» LOCOMOTIVES

O. V. Gateluk, V. G. Danshin

Abstract. The article dwells upon the reliability of spiral compressor units, installed on 2ES6 “Sinara” locomotives. There is implemented a comparison of the reliability of the compressor units of old and new designs, as well as two types of units of compressor installations. Besides, the reliability of the installations, operated in two different depots, was investigated using statistical methods. The article provides recommendations on preventing unplanned failures and calls for repairs.

Keywords: freight locomotive, compressor unit, reliability, non-parametric methods of mathematical statistics.

References

1. Kobzar A.I. *Prikladnaia matematicheskaia statistika dlia inzhenerov i nauchnykh rabotnikov* [Applied Mathematical Statistics for Engineers and Scientists]. Moscow, Fizmatlit, 2006. 816p.
2. Gnedenko B.V. Beliaev Iu.K., Solov'ev A.D. *Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti* [Mathematical Methods in Reliability Theory]. Moscow, Izdatel'stvo «Nauka», 1965. 505 p.
3. Orlov A.I. *Ekonometrika: Uchebnoe posobie dlia vuzov* [Econometrics: A manual for universities]. Moscow, Izdatel'stvo «Ekzamen», 2002. 576 p.
4. Orlov A.I. O proverke odnorodnosti dvukh nezavisimykh vyborok [Homogeneity test of two independent samples]. *Zavodskaaia laboratoria*, 2003. T.69. no.1. pp.55-60.
5. Bugai Y.M., Gateliuk O.V. Statisticheskoe issledovanie energoeffektivnosti gruzovykh elektrovozov postoiannogo toka lokomotivnogo depo Belovo [Statistical study of energy efficiency of freight locomotives of constant current in Belovo depot]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 5 (33), 2013. pp. 81-88.
6. Erbes V.V., Gateliuk V.V., Komiakov A.A. Otsenka effektivnosti raboty energosberegaiushchikh ustroystv v setiakh zheleznodorozhnykh uzlov so stabil'noi nagruzkoi [Assessing efficiency of work of energy-saving devices in the networks of railway junctions with stable load]. *Nauchnye issledovaniia i ikh prakticheskoe primenenie. Sovremennoe sostoianie i puti razvitiia '2013. Materialy nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii* Odessa, 2013. pp. 24–31.

7. *Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Manual] 2ES6.00.000.000 RE.

8. Malygin A.A. *Jelektrovoz 2JeS-6* [2ES-6 electric locomotive]. Transizdat, 2010-178 p.

Гателюк Олег Владимирович (Россия, г. Омск) – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Высшая математика» Омского государственного университета путей сообщения (ОМГУПС) (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: GatelukOV@omgups.ru).

Даньшин Вадим Геннадьевич (Россия, г. Омск) – инженер Сервисного Депо Московка (644058, г. Омск, Деповская 1, e-mail: D.W.ru@mail.ru).

Gatelyuk Oleg Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor «Higher mathematics», Omsk State Transport University (OSTU) (644046, Omsk, Marx av. 35, e-mail: GatelukOV@omgups.ru)

Danshin Vadim Gennadevich (Russian Federation, Omsk) – engineer of service depot Moskovka (644058, Omsk, Depovskaya 1, e-mail: D.W.ru@mail.ru)

УДК 621.878.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА АВТОГРЕЙДЕРА НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

В. П. Денисов¹, И. И. Матяш², К. В. Зубарев¹

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

²ОАО «Мостовое ремонтно-строительное управление» (МРСУ), Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье затрагивается тема производительности автогрейdera. Рассмотрен рабочий процесс землеройно-транспортной машины. Приведены сведения о влиянии конструктивных параметров отвала автогрейdera на суммарную силу сопротивления перемещению грунта и тяговую мощность. Выявлены функциональные зависимости критерия максимизации эксплуатационной производительности автогрейdera. На основе приведенных данных представлен способ повышения эксплуатационной производительности.

Ключевые слова: автогрейдер, отвал, сила сопротивления, грунт, производительность.

Введение

Строительство автомобильных дорог связано с производством значительного объема земляных работ, которые производятся с помощью землеройно-транспортных машин (ЗТМ). Одними из универсальных ЗТМ, широко применяемых при дорожном строительстве, являются автогрейдеры [1 – 3, 7].

Определение силы сопротивления движению автогрейdera, производительности автогрейdera

Автогрейдер (рисунок 1) способен производить зарезание, продольное и поперечное перемещение, разравнивание грунта, а также отделочные операции. Поэтому инженерная и конструкторская мысль уделяет развитию автогрейдеров и совершенствованию конструкции отвала – основного рабочего органа – большое внимание.

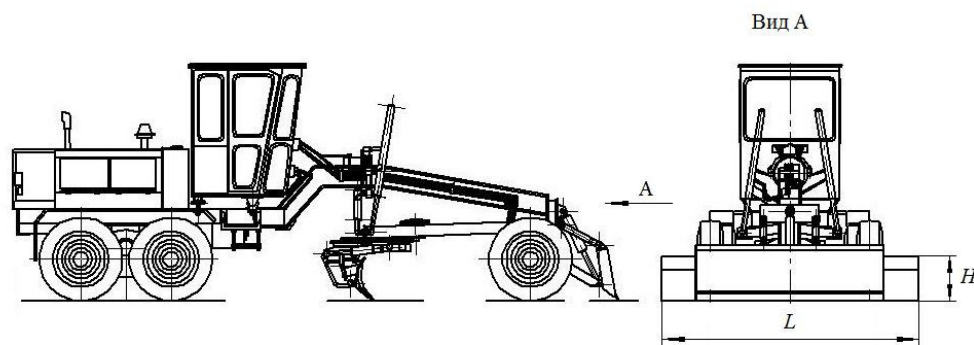


Рис. 1. Автогрейдер