

Раздел 1 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.867.1

DOI: 10.34046/aumsuomt92/1

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ ПОРТОВОГО ЗЕРНОВОГО ПЕРЕГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Р.Г. Дубровин, аспирант

Статья посвящена исследованию фактической надежности скребковых конвейеров, входящих в состав основного технологического оборудования портового зернового перегрузочного комплекса зарубежного производства, имеющего ряд конструктивных особенностей по сравнению с классическим исполнением машин аналогичного назначения отечественного производства.

Для анализа фактической надежности скребковых конвейеров и разработки мероприятий, направленных на ее повышение, исследователи в первую очередь собирали и изучали информацию об отказах в условиях эксплуатации.

В процессе качественного анализа использовался весь материал, имеющийся в журналах регистрации технического обслуживания. Для наглядности представления собранного материала построена схема Исикава, где в качестве "простого элемента" выступают функциональные узлы оборудования. Предварительный количественный анализ отказов скребковых конвейеров позволяет построить диаграмму Парето и выявить "слабые звенья" среди "простых элементов" оборудования, что дает возможность более внимательно относиться к таким элементам в процессе эксплуатации и рекомендовать применение различных методов неразрушающего контроля. Это позволит отслеживать скорость развития отказов, установить момент наступления "предельного состояния" и перевести рассматриваемый элемент на обслуживание по фактическому техническому состоянию.

Ключевые слова: скребковый конвейер, портовый перегрузочный комплекс, надежность, отказы, неразрушающий контроль.

The article is devoted to the study of the actual reliability of scraper conveyors that are part of the main technological equipment of the port grain transshipment complex of foreign production, which has a number of design features in comparison with the classical performance of machines of similar purpose of domestic production.

To analyze the actual reliability of scraper conveyors and develop measures to improve it, researchers primarily collected and studied information about failures in service conditions.

In the process of qualitative analysis, all the material available in the logs of technical service was used. For clarity, the presentation of the collected material is a scheme Ishikawa, where as a "simple element" are the functional components of the equipment. Preliminary qualitative analysis of scraper conveyor failures allows to build a Pareto diagram and to identify "weak links" among "simple elements" of the equipment, which makes it possible to more closely relate to such elements during operation and recommend the use of various methods of non-destructive control. This will allow you to track the speed of development failures, to install the time astuple-of "limit state" and translate the item in question on maintenance according to actual technical condition.

Keywords: scraper conveyor, port transshipment complex, reliability, failures, nondestructive testing.

В большинстве случаев в качестве основного технологического оборудования в составе портовых зерновых перегрузочных комплексов (ПЗПК) используются конвейеры и нории иностранного производства (фирмы GSI и Intersystems) [1], которые имеют ряд конструктивных отличий по сравнению с классическим исполнением машин непрерывного транспорта отечественного производства. В основном это касается компоновки привода технологического оборудования. Так, редуктор фирмы Dodge, устанавливаемый на

скребковые конвейеры фирмы GSI, цилиндрический одно- или двухступенчатый навешивается на приводной вал конвейера со звездочкой и жестко к нему крепится при помощи конических втулок. Таким образом, получается, что редуктор консольно "висит" на приводном валу конвейера. Для придания устойчивого положения редуктора в пространстве (фиксации положения) имеется так называемая реактивная тяга, представляющая собой талреп, позволяющий осуществлять регулировку и натяжение ременной передачи.

Классический тип приводов используемый в скребковых конвейерах состоит из приводного электродвигателя и редуктора, которые крепятся к специальному фундаменту, расположенному рядом с приводным валом. Между выходным валом электродвигателя и входным валом редуктора устанавливают упругую муфту, а между выходным валом редуктора и приводным элементом конвейера зубчатую муфту.

Для анализа фактической надежности [2] скребкового конвейера ПЗПК и разработки мероприятий, направленных на ее повышение, исследователи в первую очередь собирали и изучали информацию об отказах в условиях эксплуатации [3], позволяющую:

- выявить характерные причины отказов;
- определить качественные и предварительные количественные характеристики

надежности объектов в целом и их элементов с заданной вероятностью [4];

- найти слабое звено в объекте;
- выявить звенья, к которым можно применить методы безразборной диагностики с целью определения их предельных состояний.

Собранный материал разделили на 4 группы по количеству функциональных узлов в конвейере:

- приводной механизм;
- натяжной механизм;
- рабочий элемент;
- корпус.

Функциональные узлы, в свою очередь, можно разделить на конструктивные элементы, состоящие из отдельных деталей, как это показано в таблице 1.

Таблица 1 - Разбивка оборудования на узлы и элементы

Функциональные узлы Система	Приводной механизм	Натяжной механизм	Рабочий элемент	Корпус
Скребковый конвейер	10 - электродвигатель; 2 - ременная передача; 4 - редуктор; 16 - приводной вал; 14 - приводная звездочка; 17 - опорные подшипники приводного вала; 7 - крепеж.	11 - натяжное устройство (передача винт-гайка); 15 - натяжной вал; 12 - натяжная звездочка; 13 - опорные подшипники натяжного вала.	1 - цепь; 5 - скребки.	9 - футеровка; 8 - футеровочные болты; 6 - верхняя направляющая пластина цепи; 18 - нижняя направляющая пластина цепи; 3 - опорные направляющие цепи.
<i>Примечание:</i> цифры перед наименованиями конструктивных элементов означают их порядковые номера в соответствующей подсистеме.				

Сбор данных по отказам осуществлялся с начала эксплуатации комплекса и длился непрерывно в течение 30 месяцев и проводился по конструктивным элементам, но в связи с тем, что выборки по каждому элементу оказались малыми, то сделать сколь-нибудь достоверную статистическую обработку было невозможно, поэтому в качестве «простого элемента» согласно таблице 1 выбраны функциональные узлы. В процессе качественного анализа использовался весь материал, имеющийся в журналах регистрации результатов технического обслуживания. Для наглядности представления материалов построены схемы Исикава [5], рисунок 1. Вместо ветвей-внуков вписаны зафиксированные в документации отказы и повреждения. Цифры в скобках возле каждого отказа означают их количество за период обследования.

Анализ рисунка 1 показывает, что имеют место в большом количестве нарушения регулировки рабочего элемента (цепи) и регулировки ремней привода. Под регулировкой в данном случае следует понимать процесс натяжения или ослабления тягового, либо приводного органа. Причиной может быть то, что в процессе эксплуатации изнашиваются втулки звеньев цепи, что приводит к увеличению длины цепи, а ремни претерпевают вытяжение (удлинение), в результате чего происходит срабатывание аварийно-предупредительной сигнализации и защиты (по обрыву цепи (при сходе цепи с приводной звездочки происходит касание датчика обрыва цепи), снижение числа оборотов ведомого вала), что приводит к остановке технологического оборудования.

На рассматриваемом оборудовании конструктивно предусмотрено винтовое натяжное

устройство. Натяжение производится посредством передач винт-гайка, расположенных по обеим сторонам корпуса, вручную, без использования каких-либо устройств для измерения силы натяжения, которая определяется чисто субъективно, зависит от опыта обслуживающего персо-

нала и, следовательно, различна от случая к случаю. При этом следует учитывать, что в технической документации отсутствуют нормы и условия контроля над усилием натяжения лент и ремней, что делает этот процесс неопределенным, а результат во многом случайным.

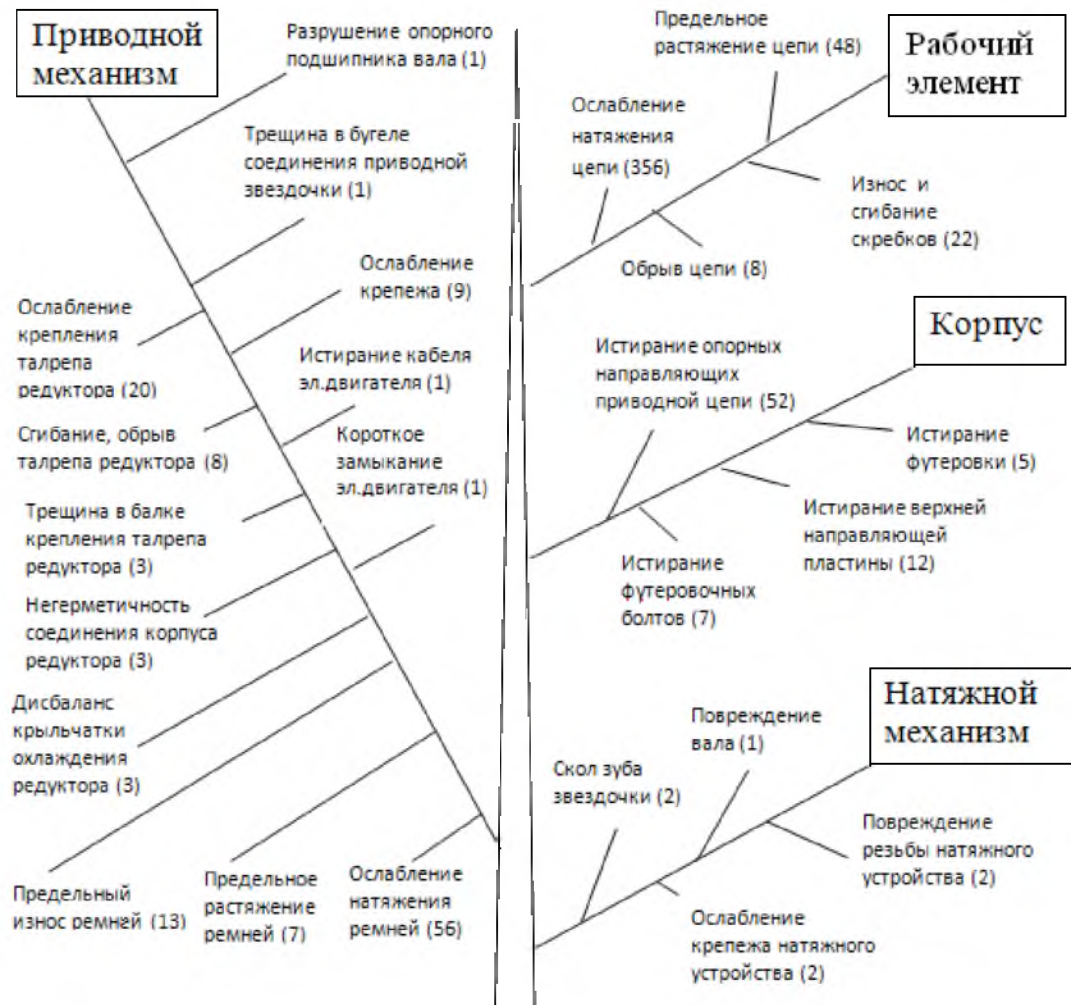


Рисунок 1 - Схема Исикава, составленная по данным отказов элементов скребкового конвейера

Все эти явления представляют собой постепенно развивающиеся отказы, которые будут опасны в случае, если их вовремя не обнаружить, и, если элементы, в которых они проявляются, достигнут предельного состояния.

Принятая на предприятии планово-предупредительная система ремонтов предписывает систематические осмотры оборудования и, поскольку все эти негативные явления находятся на поверхности, позволяет их выявлять на ранней стадии развития без каких-либо приборов и инструментов. По мере повышения профессионального уровня обслуживающего персонала и приобретения им опыта работы с конкретным объектом частота восстановления резко сокращается. Например, таблица 2 и рисунок 2. К сожалению, в

документации, где зарегистрированы факты восстановления натяжения ремней и лент, наработка на момент восстановления в каждом конкретном случае отсутствует. Поэтому провести анализ можно было только по средним наработкам на оборудовании по годам.

Из таблицы 2 и рисунок 2 видно, как резко сокращается с течением времени эксплуатации число случаев восстановления требуемого состояния элементов скребковых конвейеров.

Учитывая тот факт, что по причине ослабления ремней и цепей фактических отказов не наступало и при восстановлении их технического состояния не потребовалось остановки на ремонт, а осуществлялось в процессе плановых осмотров, и не возникло необходимости заменять детали на

новые или снимать детали и восстанавливать вне объекта с последующей установкой на штатное место, было принято решение – все зарегистрированные неисправности, связанные с регулировкой натяжения ремней и цепей в дальнейшем количественном анализе не учитывать. Учитывать только случаи достижения предельных состояний, когда возникает необходимость замены поврежденного элемента новым или его восстановления с вынужденной остановкой на ремонт.

Относительно небольшую долю неисправностей составляет ослабление крепежа между элементами установки, негерметичность соединения корпуса редуктора. Если причиной таких неисправностей является некачественная сборка, то они выявляются и устраняются на этапе наладоч-

ных испытаний. Если ослабление крепежа происходит под воздействием вибрации или релаксации напряжений в элементах, то такие неисправности при условии достаточной профессиональной подготовки персонала выявляются и устраняются в процессе плановых осмотров. Поскольку по причине ослабления крепежа фактических отказов, приводящих к вынужденной остановке оборудования, не зафиксировано, то было принято решение – в количественном анализе неисправность "ослабление крепежа" как отказ не учитывать. Тем более что количество таких неисправностей невелико, и они не могут сколько-либо заметно повлиять на результаты решения поставленных в настоящем исследовании задач.

Таблица 2 – Распределение процедур натяжений элементов скребковых конвейеров (30 шт.) по времени эксплуатации.

Регулировка натяжения	Годы эксплуатации			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Ремни, кол-во регулировок	28	24	3	1
Цепи, кол-во регулировок	175	118	59	4
Наработка по годам, час.	20776	50715	63992	17041
А. Среднее количество натяжений ремней на 1000 часов наработки	1,348	0,473	0,047	0,059
Б. Среднее количество натяжений лент на 1000 часов наработки	8,423	2,327	0,922	0,235

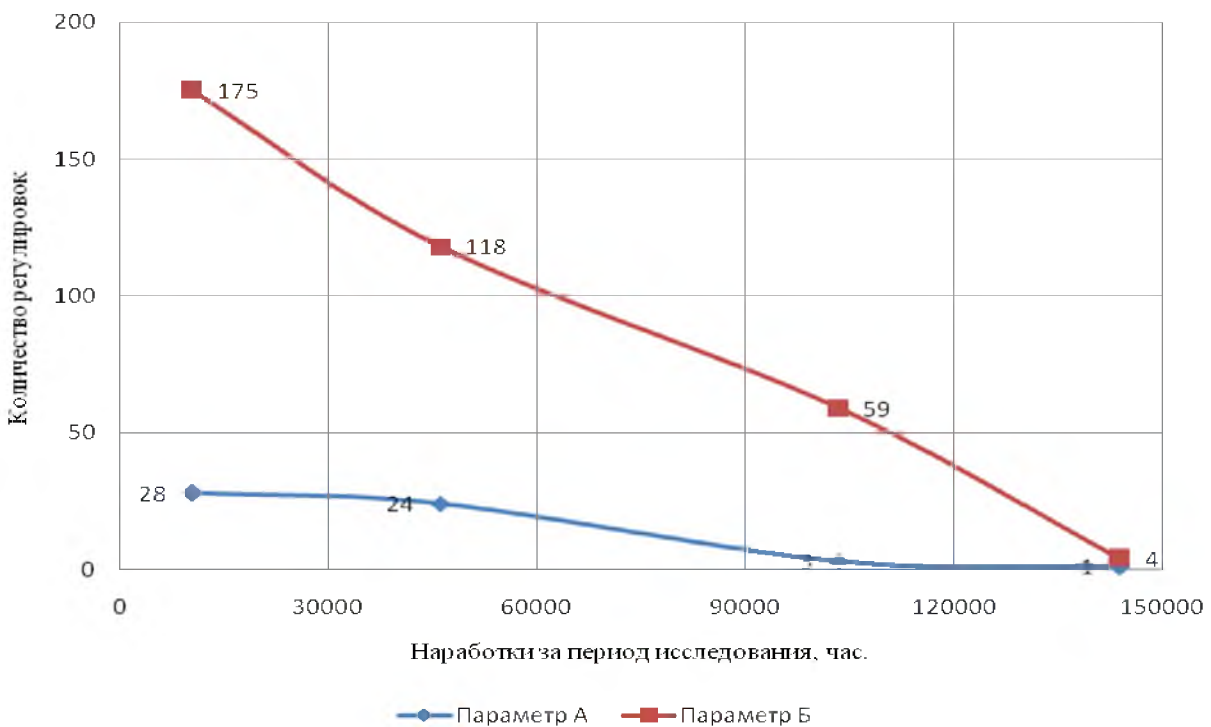


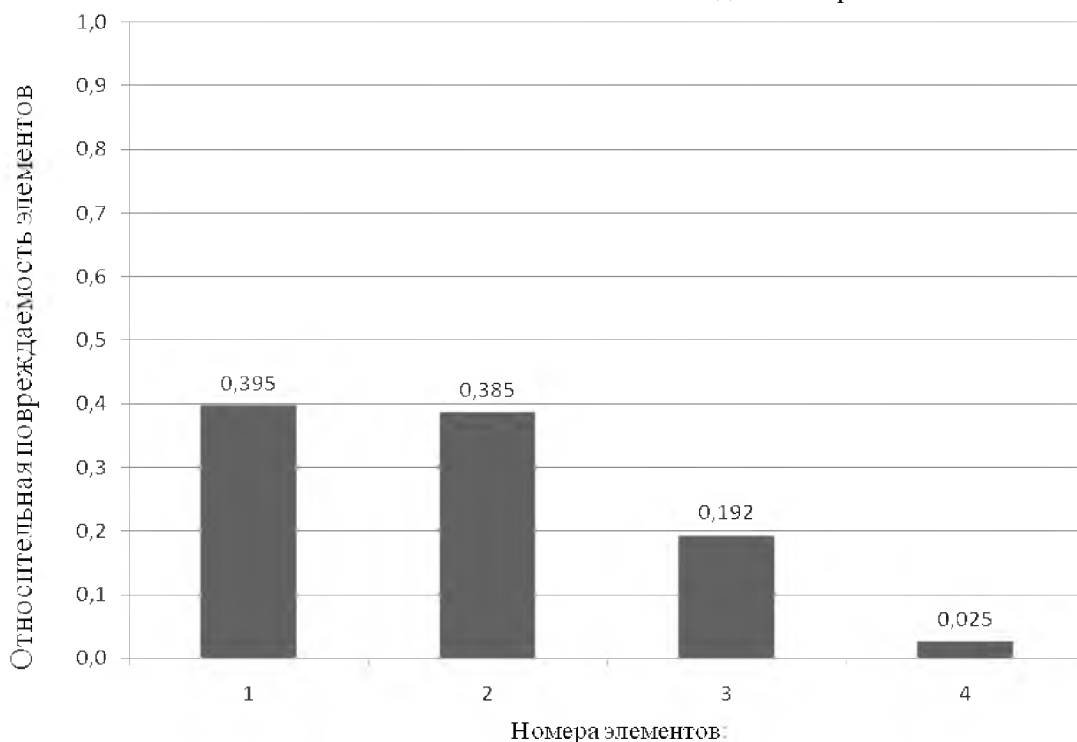
Рисунок 2 – График зависимости параметров А и Б согласно таблице 2 от наработок

По данным анализов отказов скребковых конвейеров строится диаграмма Парето [6], рисунок 3, из которой видно, что большая часть отказов пришлось на рабочие элементы и составила 39,59% от общего числа за исследуемый период эксплуатации. При этом было выявлено 8 случаев (4,06% от общего количества отказов по скребковому конвейеру и 10,26% отказов по принятому "простому элементу" (далее 4,06% и 10,26% соответственно)) обрыва приводной цепи, и как следствие происходила аварийная остановка. Причиной стала ошибка при монтаже, был установлен не тот типоразмер цепи. Износ и гнивание рабочих скребков были зафиксированы в 22 случаях (11,17% и 28,20%). В основном это связано с попаданием внутрь конвейера инородных тел (монтировок, обвязочной проволоки и т.д.) из автомашин и ж/д вагонов. В ряде случаев происходило заклинивание приводной цепи, что приводило к сгибанию/обрыву талрепа крепления редуктора и к аварийной остановке. За рассматриваемый период эксплуатации зафиксировано 48 случаев (24,36% и 61,54%) предельного вытяжения приводной цепи, что приводило к срабатыванию аварийно-предупредительной сигнализации, аварийной остановке и требовало укорочения длины приводной цепи.

38,58% отказов приходится на корпус скребкового конвейера. Истирание опорных направляющих приводной цепи – 52 случая

(26,4% и 68,42%); истирание верхней направляющей пластины – 12 (6,09% и 15,79%); истирание футеровки – 5 (2,54% и 6,58%) и футеровочных болтов – 7 (3,55% и 9,21%). Истирание трущихся поверхностей является результатом естественного износа в процессе эксплуатации. Полностью избавиться от этого явления не представляется возможным, но интенсивность износа можно уменьшить путем плавности работы оборудования без резких ударных нагрузок.

Третьим, по количеству отказов 19,29% от общего числа, "простым элементом" оказался приводной механизм. Дисбаланс крыльчатки охлаждения редуктора – 3 случая (1,52% и 7,9%); истирание кабеля электродвигателя – 1 (0,51% и 2,63%). Все вышеобозначенные отказы являются следствием некачественного монтажа и вибрации механизмов, возникающей при работе конвейера. Трещина в балке крепления талрепа редуктора – 3 (1,52% и 7,9%); разрушения опорного подшипника вала – 1 (0,51% и 2,63%); трещина в бугеле соединения приводной звездочки – 1 (0,51% и 2,63%); короткое замыкание электродвигателя – 1 (0,51% и 2,63%) – эти отказы вызваны производственными дефектами, ошибками монтажа и перегрузками в работе оборудования. Предельное растяжение и предельный износ приводных ремней составил 20 случаев (10,15% и 52,63%). В 8 случаях (4,06% и 21,05%) наблюдался обрыв или сгибание талрепа редуктора. Почти во всех случаях наблюдались аварийные остановки.



1 - рабочий элемент; 2 - корпус; 3 - приводной механизм; 4 - натяжной механизм
 Рисунок 3 - Гистограмма отказов элементов скребкового конвейера (диаграмма Парето)

Простым элементом" с наименьшим количеством отказов стал натяжной механизм, на который приходится 2,54%. В процессе эксплуатации было зафиксировано: повреждение вала – 1 случай (0,51% и 20%); повреждение резьбы натяжной шпильки – 2 (1,015% и 40%); ослабление крепежа натяжного механизма – 2; скол зуба звездочки – 2 (1,015% и 40%). Все эти отказы – следствие нарушения правил эксплуатации, производственных дефектов и качества монтажных работ.

Таким образом, подведя итог вышеизложенному, можно заключить:

1. Принятая на предприятии система технического обслуживания оказалась оправданной с той точки зрения, что она позволяет оперативно выявлять и устранять такие повреждения как: ослабление крепежа, ослабления натяжения ремней, цепей, лент технологического оборудования и другие подобные недостатки. Таких неисправностей в начале эксплуатации было много, но в течение процесса приработки и обучения персонала эксплуатировать оборудование их количество уменьшается. В связи с этим предприятие должно уделять много внимания повышению профессиональной подготовки персонала.
2. Недостаток принятой системы регистрации отказов и неисправностей состоит в том, что при такой системе фиксируются только наработки отказавших элементов
5. [7]. Это позволит отслеживать скорость развития отказов, а значит, рассматривать их как постепенно развивающиеся потенциальные отказы, установить момент наступления «предельного состояния» и перевести рассматриваемый элемент на обслуживание по состоянию.

Литература

1. Дубровин Р.Г., Герасиди В.В. Обзор структуры современного портового перегрузочного комплекса по перевалке зерновых культур // Пшемьсл: Наука и инновации.– 2009.– С. 12-16.
2. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения.
3. Трусов А.С. и др. Статистическая оценка надежности судовых турбоприводов по эксплуатационным данным: учеб. пособие. – М.: В/О "Мортехинформреклама", 1988. – 64 с.
4. Ефремов Л.В. Практика вероятностного анализа надежности техники с применением компьютерных технологий. - СПб.: Наука, 2008.-216 с.:

(фактических отказов). Информации о техническом состоянии неотказавших элементов нет. Не проводились регулярные измерения с целью выяснения скорости развития повреждений износных, коррозионных, эрозийных и других видов постепенного разрушения поверхностей элементов обследуемого объекта, а также усталостных разрушений, которые в теории и практике оценки надежности рассматриваются как потенциальные отказы.

Разрозненных сведений из ремонтной документации для учета потенциальных отказов при расчете показателей надежности недостаточно.

В то же время оценить уровень надежности с помощью таких показателей, как безотказность, долговечность и ремонтпригодность без учета потенциальных отказов, будет практически невозможно.

3. В связи с тем, что система сбора информации, принятая на предприятии, не позволяет получить все исходные данные для расчета показателей надежности, ее необходимо усовершенствовать, дополнив сбором сведений по результатам дефектации и изучению износов неотказавших элементов подконтрольных объектов.
4. Многих выявленных фактических отказов скребкового конвейера можно избежать, если к элементам, где они возникают, применить методы неразрушающего контроля
5. Исикава К. Японские методы управления качеством. Сокр. пер. с англ./Науч. ред. и авт. предисл. А.В. Гличев. – М.: Экономика, 1988. – 215 с.
6. Зенин С.В., Шпер В.Л. Применение диаграмм Парето для анализа качества автомашин ВАЗ. // ММК.– 2000.– №1.– С.4-10.
7. Барков А.В., Баркова Н.А., Грищенко Д.В. Идентификация состояния механизмов с узлами вращения по результатам вибрационного мониторинга и контроля температуры. Методика МВ.03.7826741252./23.12.2011. СЕ-ВЗАПУЧЦЕНТР, 2011.
8. Кондратьев С.И. Теоретические основы управления крупнотоннажными судами по критериям безопасности и энергосбережения: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук.– Новороссийск, 2004.

Spisok literatury:

1. Dubrovin R.G., Gerasidi V.V. Obzor struktury sovremennogo portovogo peregruzochnogo kompleksa po perevalke zemovykh kul'tur. - Pshemysl': Nauka i innovatsii, 2009. - S. 12-16.

2. GOST 27.002-2015. Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya.
3. Trusov A.S. i dr. Statisticheskaya otsenka nadezhnosti sudovykh turboprivodov po ekspluatatsionnym dannym: Ucheb. posobie. - M.: V/O "Mortekhinformreklama", 1988. - 64 s.
4. Efremov L.V. Praktika veroyatnostnogo analiza nadezhnosti tekhniki s primeneniem komp'yuternykh tekhnologiy. - SPb.: Nauka, 2008. - 216 s.: il.
5. Isikava K. Yaponskie metody upravleniya kachestvom. Sokr. per. s angl./Nauch. red. i avt. predisl. A.V. Glichev. - M.: Ekonomika, 1988. - 215 s.
6. Zenin S.V., Shper V.L. Primenenie diagramm Pareto dlya analiza kachestva avtomashin VAZ. - MMK, 2000, №11, s.4-10.
7. Barkov A.V., Barkova N.A., Grishchenko D.V. Identifikatsiya sostoyaniya mekhanizmov s uzlamy vrashcheniya po rezul'tatam vibratsionnogo monitoringa i kontrolya temperatury. Metodika MV.03.7826741252./23.12.2011. SEV-ZAPUChTsENTR, 2011.
8. Kondrat'ev S.I. Teoreticheskie osnovy upravleniya krupnotonnazhnyimi sudami po kriteriyam bezopasnosti i energosberezheniya. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Novorossiysk, 2004.

УДК 656.61

DOI: 10.34046/aumsuomt92/2

ВЫБОР МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ КОМПЛЕКСОВ ЭЛЕКТРОННОЙ НАВИГАЦИИ В КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ E-NAVIGATION

Н.П. Ардельянов, аспирант

В статье «Выбор методов статистического оценивания показателей безотказности комплексов электронной навигации в концепции развития E-NAVIGATION» рассмотрен вопрос прогнозирования безотказности комплексов электронной навигации.

В работе приведено описание комплексных показателей безотказности, базирующихся на оценках вероятности безотказной работы. Приведены показатели, косвенно характеризующие условия эксплуатации комплексов E-NAVIGATION. Проведенный анализ статистической информации показывает на необходимость использования непараметрических методов оценивания.

Ключевые слова: комплексы E-NAVIGATION, надежность, вероятность безотказной работы, биномиальное распределение, цензурирование.

The article " Selection of methods of statistical evaluation indicators of reliability of electric navigation systems in the concept of development of e-navigation" deals with the issue of prediction of reliability of electronic navigation assemblies.

The work describes complex indicators of failure-free operation based on estimates of probability of failure-free operation. The following parameters indirectly characterizing the operating conditions of E-NAVIGATION units. Analysis of statistical information indicates the need for non-parametric methods of evaluation.

Keywords: devices of E-NAVIGATION, reliability, probability of no-failure operation, binomial distribution, censoring.

Аппаратно-программные комплексы, обеспечивающие безопасность судовождения, относятся к наиболее сложным видам техники, имеющим ограниченную надежность. Благодаря принимаемым усилиям безотказность этих комплексов постоянно повышается, однако нельзя исключить возможность появления в них неисправностей и отказов. Вопросы, в части касающейся надежной и безотказной работы судового и берегового навигационного оборудования, являются актуальными в контексте глобального внедрения программы Международной морской организации (далее – ИМО): E-navigation – «это гармонизированные мероприятия по интеграции, обмену, представлению и анализу информации, касающейся судоходства, на судах и береговых объ-

ектах с помощью электронных средств для совершенствования мореплавания и повышения эффективности связанных с ним служб обеспечения безопасности мореплавания, охраны на море и защиты морской окружающей среды».

Стандартизация, унификация и повышение надежности оборудования электронной навигации – одна из основных целей программы E-navigation [1]. Решение ряда соответствующих задач, направленных на достижение указанной цели, позволяет также реализовать экономическую составляющую программы ИМО. Повышение надежности основных компонентов комплексов электронной навигации (далее – КЭН) приведет к существенному снижению экономических затрат