

Международный научный журнал

«ИННОВАЦИИ В ЖИЗНЬ»

International Journal "INNOVATIONS IN LIFE"

Издается с 2012 года  
Выходит 4 издания в год

№ 3 (22)  
Октябрь 2017  
ISSN 2227-6300

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

*И. М. Зельцер – доктор экономических наук, Академик МОО АЖКХ, Почетный строитель РФ (г. Новосибирск)*

**ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА**

*В.И. Соловьев – кандидат технических наук, доцент (г. Новосибирск)*

**ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА**

*Т. В. Цыганкова – кандидат педагогических наук, доцент, Почетный работник ВПО РФ (г. Новосибирск)*

**ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР**

*М. Н. Лебедева – кандидат педагогических наук, доцент, Почетный работник ВПО РФ (г. Новосибирск)*

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ ЖУРНАЛА**

*Р.И. Зельцер – доцент, Почетный работник ВПО РФ (г. Новосибирск)*

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

*НУ ДО «Региональный институт повышения квалификации руководителей и специалистов»*

*633004, Россия, г. Новосибирск, Комсомольский проспект, 4  
т./ф. 8(383)222-51-40. E-mail:  
info@nudurirs.ru*

**НАУЧНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

*В. И. Сулов – член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор (г. Новосибирск) – председатель*

*Н.А. Машкин – доктор технических наук, профессор (г. Новосибирск) – заместитель председателя*

*Л.К. Бобров – доктор технических наук (г. Новосибирск)*

*В. В. Герасимов – доктор технических наук, профессор (г. Новосибирск)*

*А. В. Давыдов – доктор экономических наук, профессор (г. Новосибирск)*

*Э. Герхард – профессор (г. Кобург, ФРГ)*

*А. Т. Едрисов – доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Республики Казахстан*

*(г. Караганда, Республика Казахстан)*

*С. М. Зеркаль – доктор технических наук, профессор (г. Новосибирск)*

*Т.А. Ивчик – доктор экономических наук, профессор (г. Москва)*

*А. И. Камышников – доктор технических наук, профессор (г. Калининград)*

*И. В. Ланцова – доктор географических наук, профессор, член-корреспондент МАНЭБ (г. Москва)*

*О. В. Попова – доктор педагогических наук, профессор (г. Бийск)*

*В. Е. Райхинштейн – доктор медицинских наук, профессор (г. Иерусалим, Израиль)*

*Ню Синьминь – доктор экономических наук, директор Института научно-технической и экономической информации стран ЦА (г. Урумчи, КНР)*

*Э.Г. Скибицкий – доктор педагогических наук, профессор (г. Новосибирск)*

*В. В. Ступак – доктор медицинских наук, профессор (г. Новосибирск)*

*А. Г. Шабанов – доктор педагогических наук (г. Новосибирск)*

<p><i>Журнал включен в перечень ВАК РФ и российский индекс научного цитирования (РИНЦ)</i></p> <p><i>Статьи, размещаемые в журнале, принимаются и публикуются на русском и английском языках и рецензируются в соответствии с требованиями ВАК России.</i></p> <p><i>Журнал зарегистрирован в: Министерстве РФ по делам печати и телерадиокоммуникаций.</i></p> <p><i>Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77- 49858 от 25.05.2012</i></p> <p><i>International Centre ISSN, Paris – France</i></p> <p><i>Подписной индекс журнала в объединенном каталоге «Пресса России» – E15120.</i></p> <p><i>Подписано в печать 26.06.2017</i></p> <p><i>Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 17.</i></p> <p><i>Тираж 1000 экз. Зак. №</i></p> <p><i>© Редакция Международного научного журнала «ИННОВАЦИИ В ЖИЗНЬ», 2017</i></p>	<p><i>Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.</i></p> <p><i>Дизайн обложки: Болдина А.Ю</i></p>
--	---

**Рецензируемые разделы журнала:**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>высокие и наукоемкие технологии</i></li> <li>– <i>ЖКХ</i></li> <li>– <i>инновации и инвестиции</i></li> <li><i>инжиниринг, реинжиниринг и консалтинг</i></li> <li>– <i>информационные технологии</i></li> <li>– <i>машиностроение и приборостроение</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>экономика и менеджмент</i></li> <li>– <i>педагогика и психология</i></li> <li>– <i>прогнозирование и Форсайт</i></li> <li>– <i>строительство и строительные материалы</i></li> <li>– <i>энергосбережение, энергоэффективность и энергоменеджмент</i></li> </ul> |
|--|---|

## Содержание

### **ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

---

<i>А.П. Дементьев</i> ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА.....	9
<i>М.Г. Зиньковская, И.Н. Раздерищенко</i> КАФЕДРА «БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ И АУДИТ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ».....	16
<i>А.П. Дементьев, О.Ю. Волкова</i> ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА БИЗНЕС-ПРОЦЕССА РЕМОНТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА .....	21
<i>Е.Е. Анищенко, А.А. Прудников</i> ПРАКТИКА НОРМАТИВНО-ЦЕЛЕВОГО БЮДЖЕТИРОВАНИЯ В МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ .....	32
<i>Т.А. Лунина, Т.В. Беляева</i> ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ .....	42
<i>Т.В. Беляева, И.Н. Спицына</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ СОЕДИНЕННЫХ ПОЕЗДОВ .....	52
<i>Е.А. Сурикова, А.С. Аверьяскина</i> ЭЛАСТИЧНОСТЬ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	62
<i>Е.А. Савченко</i> РАЗВИТИЕ СЕРВИСНЫХ УСЛУГ НА РЫНКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК .....	72
<i>М.О. Северова</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ, СВЯЗАННЫХ С РАБОТОЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ПРИ ОБНОВЛЕНИИ ПАРКА ЛОКОМОТИВОВ.....	79
<i>И.Н. Спицына, И.В. Филатов, О.С. Иванов</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ КОМПАНИЙ ЧЕРЕЗ СИСТЕМУ ДОЛГОСРОЧНЫХ ДОГОВОРНЫХ ОТНОШЕНИЙ.....	85

*В.А. Качинский, Л.Н. Ариба* ЗАРУБЕЖНЫЙ И РОССИЙСКИЙ ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ОСНОВЕ КЛИЕНТСКОЙ ЛОЯЛЬНОСТИ НА РЫНКЕ АВИАПЕРЕВОЗОК.....93

*Е.А. Косорукова, Е.А. Еремина* ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ В УПРАВЛЕНЧЕСКОМ УЧЕТЕ .....101

*Е.А. Лукашенко, И.Н. Спицына* СТАНОВЛЕНИЕ КОНКУРЕНТНОГО РЫНКА ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....106

*Е.А. Макарова, Н.А. Кипа* ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....116

#### ИННОВАТИКА И ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

*Т. А. Шibaева* КЛАСТЕРНО-СЕТЕВЫЕ СТРУКТУРЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ.....123

#### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ

*Р.И. Насыров, И.Н. Насыров* ПРИМЕНИМОСТЬ SMART-ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ НАКОПИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ В КРУПНЫХ DATA-ЦЕНТРАХ .....133

*В.И. Соловьев, А.А. Соболев, Е.А. Пономаренко* ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ И РЕШЕНИЯ.....147

#### ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВО

*Г.Н. Шibaева, Е.Е. Ибе, Ю.А. Холдаенко, В.А. Филимонова* ТЕПЛОЭФФЕКТИВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРСИЛИКАТНОГО ВЯЖУЩЕГО И ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА .....162

*Ю.П. Галагуз, Г.Л. Сафина* МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ДВУХЧАСТИЧНОЙ СУСПЕНЗИИ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ .....173

## ИНТЕРАКТИВНАЯ ПЕДАГОГИКА

---

<i>П.Ю. Бунаков, А.К. Лопатин, М.В. Плеханова</i> ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЧЁТКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	182
<i>Н.А. Шевцов</i> ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНТА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С РЕЗУЛЬТАТАМИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	191
НАШИ АВТОРЫ.....	202
ИНФОРМАЦИЯ.....	209

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И  
ПРОГНОЗИРОВАНИИ**

---

**INFORMATION TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT AND  
FORECASTING**

УДК 004.083.72

**R.I. Nasyrov**, senior lecturer

**I.N. Nasyrov**, Doctor of Economics. Sciences, Associate Professor

**THE APPLICABILITY OF SMART PARAMETERS FOR THE ALGORITHM FOR  
PREDICTING THE INFORMATION STORAGES RELIABILITY  
IN LARGE DATA CENTERS**

*In large data-centers it statistically possible to establish the average number of daily failing information storages, but to predict which of them will break – not. The aim of the study is justification of SMART parameters' choice suitable for the algorithm for predicting the reliability of information storage devices from the operating time. It is obtained that most acceptable for magnetic hard drives and solid state drives are the parameters 1 Raw read error rate, 5 Reallocated sectors count, 9 Power-on hours and 197 Current pending sector count.*

**Keywords:** *information, storage, hard disk, reliability, prediction, parameter*

**Р.И. Насыров**, старший преподаватель

**И.Н. Насыров**, доктор экон. наук, доцент

**ПРИМЕНИМОСТЬ SMART-ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АЛГОРИТМА  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ НАКОПИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ В  
КРУПНЫХ DATA-ЦЕНТРАХ**

*В крупных data-центрах статистически можно установить среднее число ежедневно выходящих из строя накопителей информации, но спрогнозировать какие конкретно из них сломаются – нельзя. Целью исследования является обоснование выбора SMART-параметров, подходящих для алгоритма прогнозирования надежности накопителей информации от времени эксплуатации. Получено, что наиболее приемлемыми как для магнитных на жестких дисках, так и для твердотельных накопителей информации являются параметры*

**Ключевые слова:** информация, накопитель, жесткий диск, надежность, прогнозирование, параметр

## ВВЕДЕНИЕ

Ежедневно при функционировании крупных data-центров несколько накопителей информации выходят из строя. С помощью статистики можно заранее установить только среднее число накопителей, которые откажут в этот день. А для прогнозирования того, какие конкретно из них сломаются, необходим специальный алгоритм, который предлагается разработать на базе стандартных SMART-параметров надежности.

Научная проблема состоит в техническом гарантировании полноты и своевременности копирования информации с ненадежного на новый и надежный накопитель. Научная новизна заключается в обосновании выбора параметров для разрабатываемого алгоритма прогнозирования надежности конкретных отдельных накопителей информации в подобных центрах. Актуальность проблемы определяется необходимостью обеспечения безопасности данных при условии сохранения эффективности функционирования data-центра.

Целью настоящего исследования является обоснование применимости подобных параметров для алгоритма прогнозирования надежности накопителей информации.

Объектом исследования является один из крупнейших в мире data-центров компании Backblaze. Предметом исследования – надежность используемых в нем накопителей информации на жестких дисках. Методом исследования служит анализ SMART-данных накопителей, приведенных на сайте компании [1].

Ввиду того, что производители жестких дисков закладывают выдачу не всех, а только ограниченного набора сведений, то ежедневная запись данных компанией велась сначала по 40 в 2013-14 годах, затем по 45 параметрам SMART с номерами 1-5, 7-13, 15, 22, 183, 184, 187-201, 220, 222-226, 240-242, 250-252, 254, 255 (в 2015 году добавили 22, 220, 222, 224, 226). Рассмотрено 92530 накопителей 93 моделей шести торговых марок HGST (HitachiGlobalStorageTechnologies), Hitachi (позднее HGST), Samsung, ST (Seagate), Toshiba, WDC (WesternDigital) за период с 10 апреля 2013 г. по 31 декабря 2016 г. (1362 дня), из которых на конец исследуемого периода продолжали нормально работать 73586 шт. (79,53%), были досрочно сняты с эксплуатации 13694 шт. (14,80%), отказали 5250 шт. (5,67%).

Одним из главных параметров надежности накопителей информации по паспорту является MTBF (англ. Meantime between failures – среднее время между отказами, наработка

на отказ) – среднее время между возникновениями отказов [2-4]. Единица размерности – час. При рассмотрении распределения количества отказавших накопителей от времени эксплуатации (SMART-параметр 9 Power-onhours – число часов, проведенных во включенном состоянии) обнаружено, что имеются как минимум два хорошо выраженных типа зависимостей: первый – ниспадающий с длинным хвостом (рисунки 1, 2), второй – куполообразный (рисунки 3, 4).

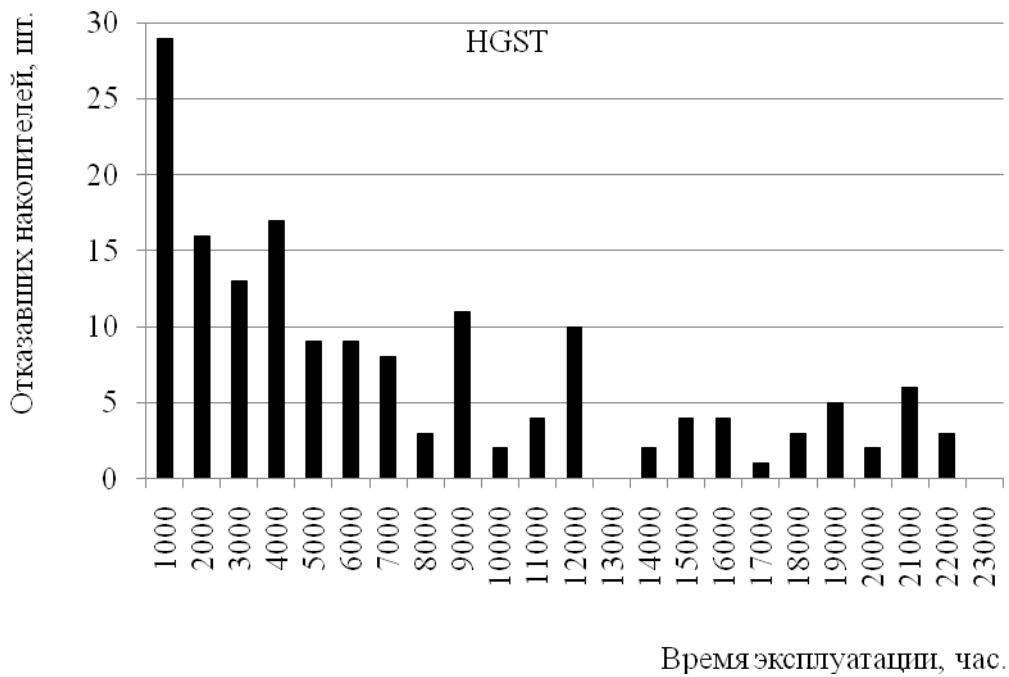


Рис. 1. Распределение 167 отказавших из всего 17497 накопителей HGST от времени эксплуатации





Рис. 2. Распределение 404 отказавших из всего 3976 накопителей WDC от времени эксплуатации

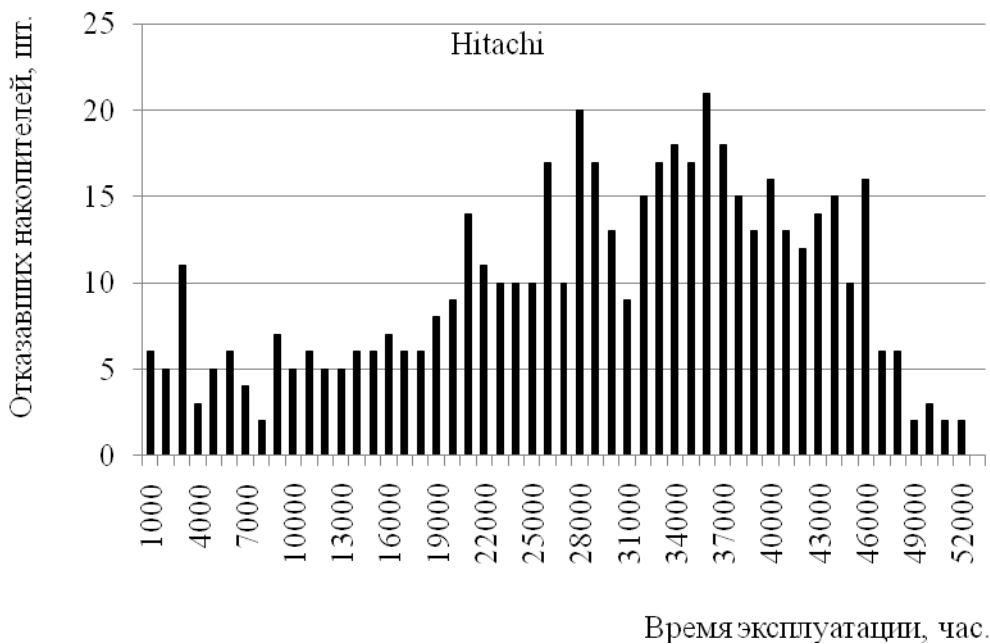


Рис. 3. Распределение 510 отказавших из всего 13246 накопителей Hitachi от времени эксплуатации

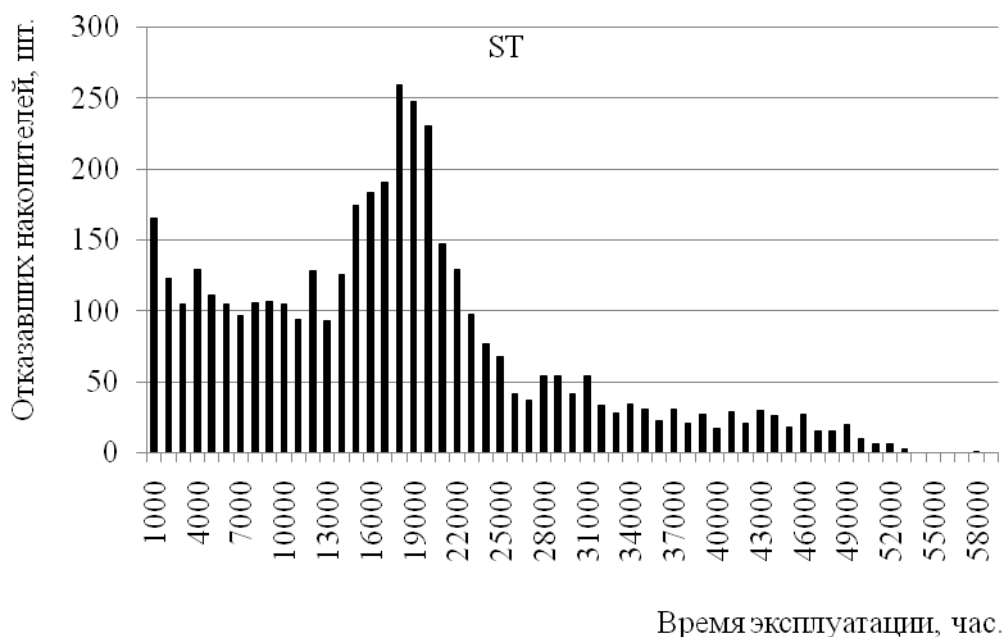


Рис. 4. Распределение 4156 отказавших из всего 57438 накопителей ST от времени эксплуатации

Ввиду малой статистики (1 отказ после 5839 часов из всего 18 накопителей Samsung, 12 отказов после работы от 634 до 26237 часов из всего 355 накопителей Toshiba) здесь и далее результаты в графической форме для указанных торговых марок не всегда приводятся.

Куполообразный тип зависимости обычно свидетельствует о том, что оборудование работает до какого-то срока, потом выходит из строя. Если купол узкий как на рисунке 4, то можно точнее гарантировать период работоспособности, если широкий как на рисунке 3, то этот период определяется менее точно. Если же тип зависимости – ниспадающий как на рисунках 1 и 2, то отказы начинаются с первого дня эксплуатации. На самом деле ниспадающая составляющая есть и на рисунках 3 и 4, что говорит о возможности отказа в любой момент времени. Поэтому задача индивидуального прогнозирования поломок отдельных накопителей является актуальной.

В рамках собственных исследований специалистами Backblaze было предложено использовать для прогнозирования SMART-параметры 5, 187, 188, 197, 198, а применение параметров 1 и 12 не рекомендовано [5, 6]. Выполненное нами исследование показало, что параметр 5 Reallocatedsectorscount (число операций переназначения секторов) в большинстве случаев отказа равен нулю (рисунок 5). Это затрудняет его использование в качестве единственного прямого показателя надежности. Другими словами, его нулевое значение не гарантирует надежную работу накопителя. С другой стороны, если уж появились переназначенные сектора, то вероятнее всего с течением времени накопитель все равно откажет. Поэтому все же есть смысл включить этот параметр в список контроля.

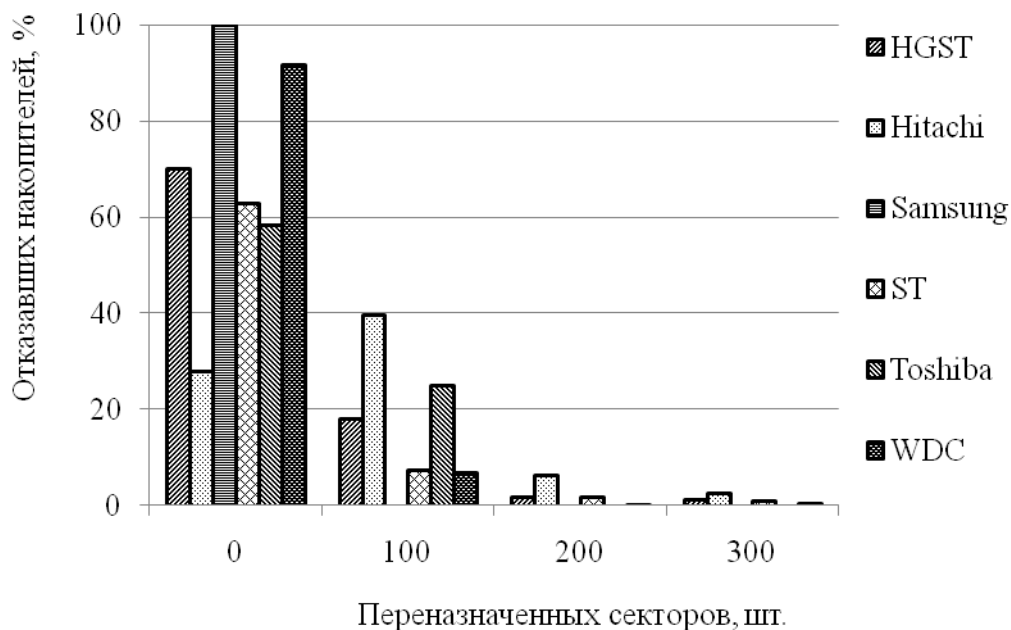


Рис. 5. Распределение доли отказавших накопителей от количества переназначенных секторов

Такая же ситуация наблюдается и для параметра 197 Currentpendingsectorcount (число секторов, являющихся кандидатами на замену), который также в большинстве случаев отказа равен нулю (рисунок 6). Следовательно, его тоже надо использовать не отдельно, а в сочетании с другими показателями надежности.

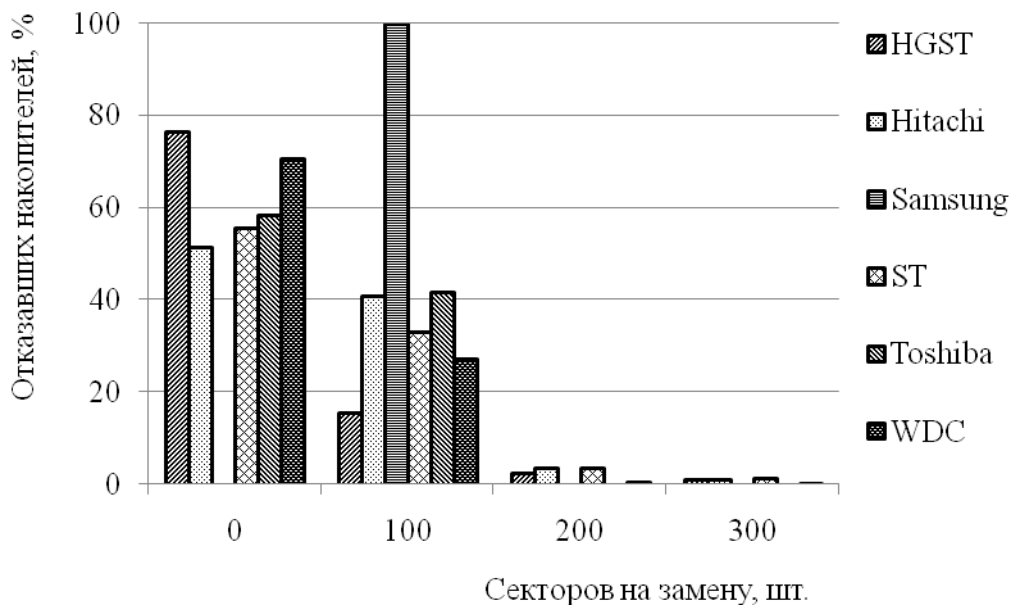


Рис. 6. Распределение доли отказавших накопителей от количества секторов, являющихся кандидатами на замену

Параметр 198Offlineuncorrectablesectorcount (число не корректируемых средствами диска секторов) в точности повторяет 197 за исключением двух старых моделей WDC WD10EADS и WDC WD10EADX емкостью 1 ТБ и тех случаев, где данные по нему отсутствуют. По этой причине он не рассматривается.

Данные по параметрам 187Reporteduncorrectableerrors (ошибки, которые не могли быть восстановлены, используя методы устранения ошибки аппаратными средствами) и 188 Commandtimeout (количество прерванных операций в связи с HDD тайм-аут) кроме накопителей марок Samsung и ST отсутствуют у всех остальных. Поэтому эти параметры также не рассматриваются.

Параметр 12 Powercyclecount (количество полных циклов включения-выключения диска) оказался неподходящим для прогнозирования, поэтому не рассматривается, что совпадает с рекомендациями Backblaze.

Параметр 1 Rawreaderrate (частота ошибок при чтении данных с диска, происхождение которых обусловлено аппаратной частью диска) является по своей природе скоростью, то есть производной, и он может быть рассмотрен в дальнейшем как индикатор (если отличен от нуля, то начались какие-то изменения), хотя и вопреки рекомендациям Backblaze.

Дополнительно был изучен параметр 196 Reallocationeventcount (число успешных и неуспешных операций переназначения), который оказался информативным и полезным, однако данные по нему отсутствуют у самой многочисленной в Backblaze марки накопителей ST, поэтому пока приходится его не рассматривать.

Таким образом, для алгоритма прогнозирования надежности накопителей информации в крупных data-центрах предлагается использовать SMART-параметры 1, 5, 9, 197. Их достоинством является наличие значений параметров практически всегда для всех марок накопителей, даже тогда когда данные по другим параметрам отсутствуют.

Чтобы понять характер изменения этих параметров обратимся к практическому примеру. На рисунке 7 приведены параметры 1, 5 и 197 в зависимости от времени эксплуатации (параметра 9) конкретного накопителя торговой марки Hitachi. В конце указанного периода произошел его отказ.

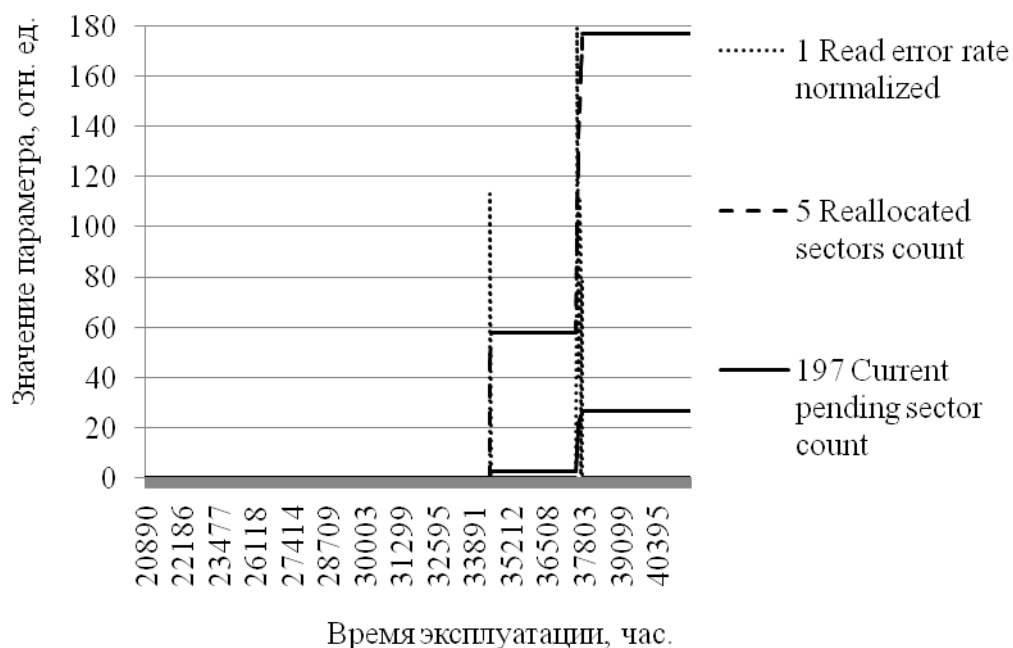


Рис. 7. Зависимость значений SMART-параметров 1 (точки), 5 (пунктир) и 197 (сплошная линия) от времени эксплуатации (параметра 9) накопителя информации с серийным номером JK1105B8GEJZ7X модели HitachiHDS722020ALA330

Как видно из рисунка 7 максимумы значений параметра 1 Rawreaderrate совпадают с резкими изменениями других параметров. Другими словами, он отображает скорость изменения этих параметров. Поэтому его действительно можно использовать как индикатор опасности выхода накопителя из строя.

Характерной чертой параметров 5 Reallocatedsectorscount и 197 Currentpendingsectorcount является ступенчатость изменения их значений. За резким скачком следует более-менее длительный период стабильности. Но обычно в других случаях чаще всего после скачка следует отказ накопителя.

Были изучены различные существующие варианты алгоритмов прогнозирования надежности накопителей информации и выбран один из них, наиболее близкий, в качестве базового для сравнения[7]. С использованием параметра 5 Reallocatedsectorscount был разработан алгоритм, реализованный в демонстрационной версии программы [8]. Эта программа позволяет ранжировать накопители не по одному, а сразу по четырем показателям: по прогнозируемому количеству переназначенных секторов, их текущему количеству, средней скорости увеличения, а также мгновенной скорости, означающей, что они продолжают разрушаться в данный момент. Главным фактором, определяющим эффективность всего бизнеса data-центров, является ценность самой хранимой информации. Ведь именно для обеспечения ее сохранности клиенты идут на дублирование и платят за

сохранность своих копий деньги. Да и в самих data-центрах эту информацию еще раз дублируют с помощью RAID-массивов. Тем не менее, опасность одновременного или близкого по времени выхода из строя двух или более накопителей в одном массиве остается. Для предотвращения возможности возникновения подобной ситуации был разработан модифицированный алгоритм прогнозирования надежности, который позволяет по одному или нескольким параметрам опознать накопители информации с признаками опасности выхода из строя[9]. Отличительными особенностями этого алгоритма являются, во-первых, возможность анализа по любому параметру из SMART-таблиц, во-вторых, что анализ ведется одновременно как по текущим, так и по прогнозным значениям параметра. Результатом применения алгоритма будет маркировка накопителей как надежных или как ненадежных с разным уровнем опасности отказа. Это позволит оператору при отказе одного из накопителей в RAID-массиве, опираясь на сведения о состоянии остальных дисков в массиве, принять решение о замене только отказавшего накопителя или о полном копировании информации из оставшихся работоспособных дисков на новые.

Вследствие выполненного в настоящей работе подбора подходящих для прогнозирования параметров возникла необходимость дальнейшего развития алгоритма. Требуется дополнить линейную экстраполяцию значений возможностью нейросетевого прогнозирования, т.к. не все параметры оказались монотонно возрастающими.

Кроме этого необходимо предусмотреть возможность выделения, группировки и сохранения данных по каждому накопителю отдельно. При этом наиболее компактная запись значений достигается при использовании формата CSV (Commaseparatedvalues–данные, разделенные запятыми) в виде файлов Word. Такой подход позволяет обойти проблему bigdata (больших данных) при построении прогноза для конкретного накопителя. В целом усовершенствованный алгоритм включает три блока: считывания/записи данных, многопараметрического прогнозирования, анализа текущих и прогнозных значений (рисунок 8).

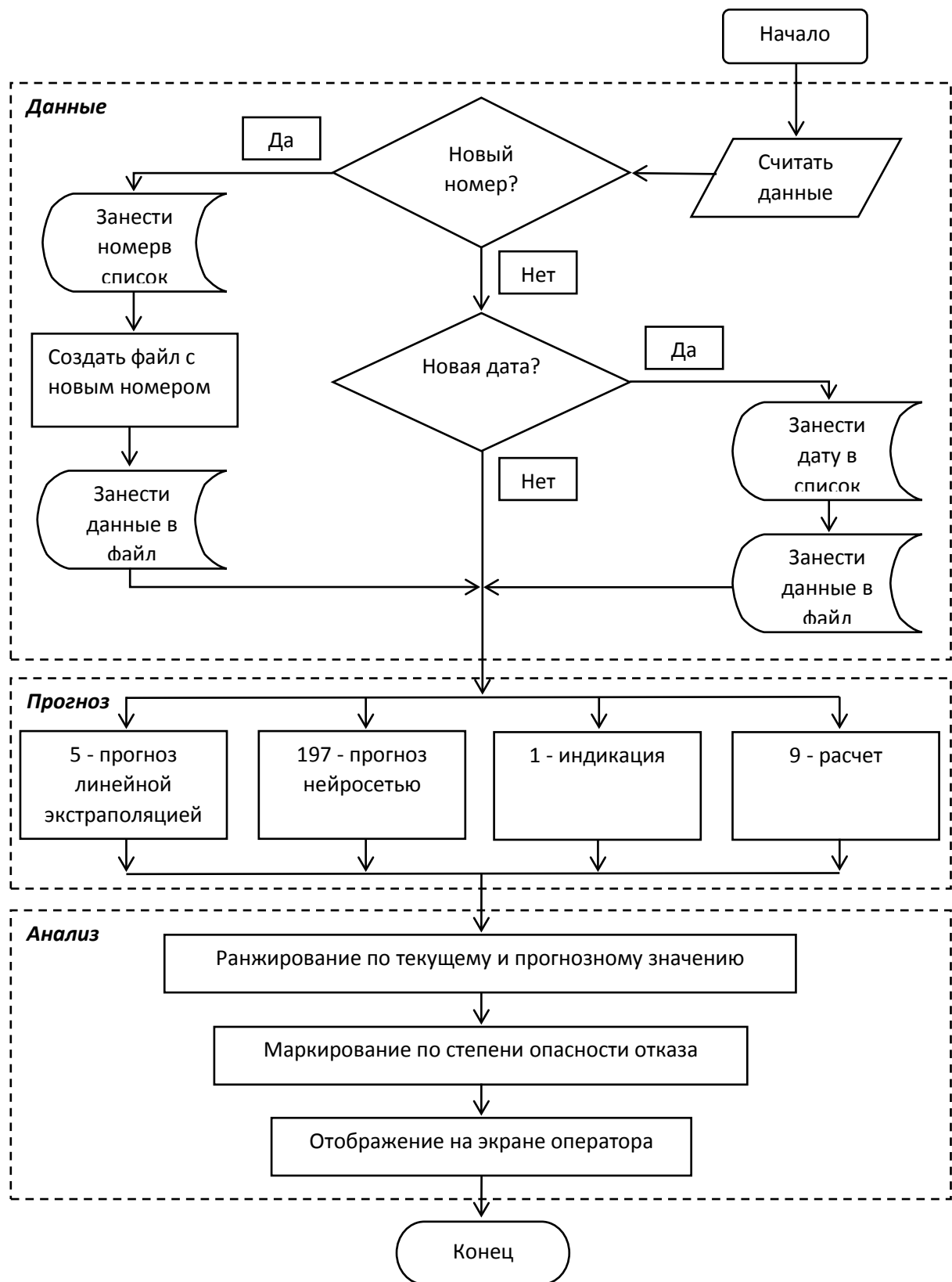


Рис. 8. Укрупненный алгоритм многопараметрического прогнозирования надежности накопителей информации

В первом блоке считывания/записи данных предусмотрено создание индексного файла, в который заносятся перечни всех накопителей и всех дат, за которые сделаны записи.

Кроме этого на выходе из блока должны быть созданы и/или пополнены файлы с данными по каждому накопителю отдельно. Это позволит без излишнего дополнительного поиска прогнозировать и анализировать параметры любого конкретного накопителя.

Во втором блоке многопараметрического прогнозирования по каждому выбранному параметру делается прогноз наиболее подходящим для него способом: для 5 Reallocatedsectorscount – с помощью линейной экстраполяции, для 197 Currentpendingsectorcount – посредством нейронной сети с общей регрессией, параметр 1 Rawreaderrate просто индицируется как скорость изменения состояния, для 9 Power-onhours – делается расчет времени эксплуатации, увеличенного на шаг прогноза.

В третьем блоке анализа текущих и прогнозных значений производится ранжирование накопителей по величине параметров с выделением цветом уровней опасности отказа в соответствии с критериями вероятности выхода из строя. Результат маркировки накопителей как надежных или как ненадежных выдается на экран оператору для своевременного информирования об угрозе потери работоспособности конкретных единиц оборудования и принятия обоснованного решения об их замене.

Еще одним аргументом в обоснование применения указанных параметров является то, что точно такие же параметры практически с тем же самым смыслом имеются в твердотельных накопителях информации [10, 11]. Поэтому никаких изменений в разработанный алгоритм прогнозирования надежности вносить не придется.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что наиболее подходящими параметрами для алгоритма прогнозирования надежности накопителей информации как для жестких дисков так и в перспективе для твердотельных являются 1 Rawreaderrate, 5 Reallocatedsectorscount, 9 Power-onhours, 197 Currentpendingsectorcount.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00002мол\_а.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. HardDriveDataandStats [Электронный ресурс] / Backblaze. – Режим доступа: <https://www.backblaze.com/b2/hard-drive-test-data.html> – (дата обращения: 28.07.2017).
2. Накопители для решений NAS с 1-8 отсеками [Электронный ресурс] / WD Red™. – Режим доступа: <http://www.wdc.com/wdproducts/library/SpecSheet/RUS/2879-800002.pdf> – (дата обращения: 28.07.2017).



3. DT01ACAxxxSERIESDESKTOPHDD [Электронный ресурс] / Toshiba.LeadInnovation. – Режим доступа: <http://toshiba.semicon-storage.com/content/dam/toshiba-ss/asia-pacific/docs/product/storage/product-manual/cHDD-DT01ACAxxx-Product-Overview.pdf> – (дата обращения: 28.07.2017).
4. ProductManualBarracuda [Электронный ресурс] / Seagate. – Режим доступа: <http://www.seagate.com/files/staticfiles/support/docs/100636864b.pdf> – (дата обращения: 28.07.2017).
5. Beach, B. HardDriveSMARTStats [Электронный ресурс] / B. Beach. – Режим доступа: <https://www.backblaze.com/blog/hard-drive-smart-stats/> – (дата обращения: 28.07.2017).
6. Klein, A. What SMART Stats Tell Us About Hard Drives [Электронный ресурс] / A. Klein. – Режим доступа: <https://www.backblaze.com/blog/what-smart-stats-indicate-hard-drive-failures/> – (дата обращения: 28.07.2017).
7. Насыров, Р. И. Обоснование необходимости разработки алгоритма прогнозирования надежности накопителей информации в системах управления / Р. И. Насыров, И. И. Насыров // V Камские чтения материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 26 апреля 2013 г., Набережные Челны / В 3-х ч. Часть 1. – Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2013. – С. 48-50. – Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/JvcV/Vfi9RUiWA> – (дата обращения: 28.07.2017).
8. Насыров, Р. И. Алгоритм программы ранжирования накопителей информации по степени опасности при ступенчатой нелинейности показателя надежности / Р. И. Насыров // Информационные технологии. Автоматизация. Актуализация и решение проблем подготовки высококвалифицированных кадров (ИТАП-2014) материалы Межд. науч.-практ. конф. 28 марта 2014 г., Набережные Челны. – Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2014. – С. 177-181. – Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/13JF/KGjt7SxQD> – (дата обращения: 28.07.2017).
9. Насыров, Р. И. Эффективность алгоритма прогнозирования надежности накопителей информации для крупных data-центров / Р. И. Насыров, И. Н. Насыров // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2017. – № 1 (74). – С. 3-14. – Режим доступа: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1950892663/Nasyrov.R.I.\\_.Nasyrov.I.N.\\_.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1950892663/Nasyrov.R.I._.Nasyrov.I.N._.pdf) – (дата обращения: 28.07.2017).
10. SMART Attribute Details [Электронный ресурс] / Kingston Technology Corporation. – Режим доступа: [https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2\\_LNEZWpER1BjQ3BaM00/view](https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2_LNEZWpER1BjQ3BaM00/view) – (дата обращения: 28.07.2017).
11. Technical note: Client SATA SSD SMART Attribute Reference [Электронный ресурс]

/ Micron Technology, Inc. – Режимдоступа:  
[https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2\\_LNETEF5aGhIVDgtNkU/view](https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2_LNETEF5aGhIVDgtNkU/view) – (датаобращения:  
28.07.2017).

## BIBLIOGRAPHY

1. Hard Drive Data and Stats [Electronic resource] / Backblaze. – Access: <https://www.backblaze.com/b2/hard-drive-test-data.html> – (reference date: 28.07.2017).
2. Drives for NAS solutions with 1 to 8 bays [Electronic resource] / WD Red™. – Access: <http://www.wdc.com/wdproducts/library/SpecSheet/RUS/2879-800002.pdf> – (reference date: 28.07.2017).
3. DT01ACAxxx SERIES DESKTOP HDD [Electronic resource] / Toshiba. Leading Innovation. – Access: <http://toshiba.semicon-storage.com/content/dam/toshiba-ss/asia-pacific/docs/product/storage/product-manual/cHDD-DT01ACAxxx-Product-Overview.pdf> – (reference date: 28.07.2017).
4. Product Manual Barracuda [Electronic resource] / Seagate. – Access: <http://www.seagate.com/files/staticfiles/support/docs/100636864b.pdf> – (reference date: 28.07.2017).
5. Beach, B. Hard Drive SMART Stats [Electronic resource] / B. Beach. – Access: <https://www.backblaze.com/blog/hard-drive-smart-stats/> – (reference date: 28.07.2017).
6. Klein, A. What SMART Stats Tell Us About Hard Drives [Electronic resource] / A. Klein. – Access: <https://www.backblaze.com/blog/what-smart-stats-indicate-hard-drive-failures/> – (reference date: 28.07.2017).
7. Nasyrov, R. I. The rationale for the development of an algorithm for predicting the information storages reliability in control systems / R. I. Nasyrov, I. I. Nasyrov // V Kama readings : Materials Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists 26 April 2013, NaberezhnyeChelny / In 3 parts. Part 1. – NaberezhnyeChelny: NCI KFU, 2013. – pp. 48-50. – Access: <https://cloud.mail.ru/public/JvcV/Vfi9RUiWA> – (reference date: 28.07.2017).
8. Nasyrov, R. I. The algorithm of information storages ranking program by risk degree in reliability stepped nonlinearity condition/ R. I. Nasyrov // Information technology. Automation. Updating and solving problems of highly qualified personnel training (ITAP-2014) : Materials International scientific and practical conference 28 March 2014, NaberezhnyeChelny. – NaberezhnyeChelny: NCI KFU, 2014. – pp. 177-181. – Access: <https://cloud.mail.ru/public/13JF/KGjt7SxQD> – (reference date: 28.07.2017).
9. Nasyrov, R. I. The efficiency of algorithm for predicting the information storages

reliability for large data-centers / R. I. Nasyrov, I. N. Nasyrov// Socio-economic and technical systems: research, design, optimization. – 2017.– № 1 (74).– pp. 3-14. – Access: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1950892663/Nasyrov.R.I.\\_Nasyrov.I.N.\\_.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1950892663/Nasyrov.R.I._Nasyrov.I.N._.pdf) – (reference date: 28.07.2017).

10. SMART Attribute Details [Electronic resource] / Kingston Technology Corporation. – Access: [https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2\\_LNEZWPpERIBjQ3BaM00/view](https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2_LNEZWPpERIBjQ3BaM00/view) – (reference date: 28.07.2017).

11. Technical note: Client SATA SSD SMART Attribute Reference [Electronic resource] / Micron Technology, Inc. – Access: [https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2\\_LNETEF5aGhIVDgtNkU/view](https://drive.google.com/file/d/0B2RTg5K2_LNETEF5aGhIVDgtNkU/view) – (reference date: 28.07.2017).

*Статья поступила в редакцию 07.08.2017*