



# Почему ваша система ТОиР нуждается в улучшении



**Игорь АНТОНЕНКО,**  
к.т.н., начальник отдела маркетинга НПП «СпецТек»

**В том или ином виде система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) существует на каждом предприятии, эксплуатирующем технологическое оборудование, машины, здания и сооружения.**

Согласно ГОСТ 18322-2016, система технического обслуживания и ремонта – это совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления (качества либо эксплуатационных характеристик) объектов, входящих в эту систему.

В свою очередь, средства технического обслуживания – это технические устройства, запасные части, инструменты и принадлежности, средства технологического оснащения и сооружения, ремонтная площадка, транспортные средства и персонал, предназначенные для выполнения технического обслуживания (ремонта).

Многие руководители скажут, что у них это все есть и в полном порядке, поэтому с системой ТОиР никаких проблем нет. В таких случаях, когда мы проводим аудит, стоит нам задать несколько вопросов, и картина совершенно изменяется и становится неприглядной. Какие же это вопросы? Рассмотрим несколько из них.

## **Финансирование ТОиР у вас планируются методом «затраты +»?**

«Затраты +» – это известный метод ценообразования, который называют еще методом экономически обоснованных расходов. В ремонтной деятельности его применение состоит в том, что к обоснованным затратам за прошлый год добавляется некая дельта, определяемая исходя из предполагаемого объема работ и планируемых инвестиций в техническое перевооружение и реконструкцию (ТПиР).

По факту достаточно обосновать произведенные в прошлом году затраты на ТОиР фондом оплаты труда ремонтного

персонала, расходами на запчасти и материалы, актами выполненных работ, чтобы включить величину этих затрат в финансовый план на следующий год.

При этом упускается из виду реальная экономическая обоснованность затрат. Она включает в себя анализ многих аспектов ремонтной деятельности. Каковы причины переработок ремонтного персонала и соответствующих доплат? Какова доля повторных ремонтов, выполняемых в связи с низким качеством работ? Используются ли все закупленные запчасти, или часть из них осела на складе в виде неликвидов? Не является ли высокий износ оборудования причиной увеличения объема ремонтов, и не выгоднее ли заменить это оборудование или провести его реконструкцию? Какова доля простоя ремонтного персонала?

В целом метод «затраты +» приводит к раздуванию ремонтного фонда и не стимулирует сокращение затрат.

## **Вы располагаете только совокупными данными о затратах на ТОиР?**

Это значит, что данные о затратах на ТОиР хранятся без их привязки к единицам оборудования, на котором эти затраты возникли. В таком случае невозможно провести анализ стоимости жизненного цикла конкретного оборудования. Невозможно принять обоснованное инвестиционное решение о замене или восстановлении ресурса той или иной единицы оборудования, основываясь на оценке альтернатив: продолжить эксплуатацию, списать и купить новое оборудование, провести модернизацию.

Также вы не сможете сравнить затраты на ТОиР однотипного оборудования, сопоставить по этому показателю раз-

ные подразделения, выявить причины разных затрат.

## **Вы не знаете, какое оборудование генерирует поток дефектов?**

В соответствии с ГОСТ 27.002-2015 (пункт 3.4.2) дефект – это каждое отдельное несоответствие объекта требованиям, установленным документацией. Наличие дефекта приводит объект в неисправное состояние (пункты 3.4.3 и 3.2.2 того же стандарта), при этом он находится в работоспособном состоянии, когда он способен выполнять требуемые функции (п. 3.2.3).

Однако дефект, как правило, является предвестником отказа, который приводит объект в неработоспособное состояние (п. 3.2.4). В этой связи работа по предупреждению, выявлению и устранению дефектов является важной частью активной деятельности по предупреждению отказов [1].

История зарегистрированных дефектов, как медицинская карта больного, свидетельствует о «хронических болезнях» оборудования. Но только в том случае, если дефекты регистрируются, причем с привязкой к оборудованию, на котором они обнаружены. Если этого нет, то вы не сможете определить, какое оборудование «больное». Может быть так, что в группе из нескольких идентичных объектов есть одна единица оборудования, которая «генерирует» множество дефектов – то ли в силу производственного брака, то ли в силу особенностей условий эксплуатации, то ли в силу недостатков обслуживания. Соответственно, эти причины вы не сможете выявить, если не знаете, откуда именно идет поток дефектов.

## **Вы не знаете, какое оборудование критично?**

Согласно ГОСТ 27.002-2015 (пункт 3.4.10), критичность отказа – это совокупность признаков, характеризующих последствия отказа. Отказ может иметь последствия для здоровья (гибель людей, заболевания), для экологии (загрязнение окружающей среды) и для производства (простой, недовыпуск продукции, выпуск некачественной продукции, затраты на устранение отказа).



Мерой количественной оценки является тяжесть последствий отказа. Таким образом, отказы характеризуются разной тяжестью последствий и, соответственно, разной критичностью. Критичным является оборудование, отказы которого имеют высокую критичность.

Для чего нужно знать критичность оборудования? Прежде всего, чтобы разработать адекватную программу технического обслуживания, включая выбор политики управления отказами: например, выбрать обслуживание по техническому состоянию для критичного оборудования.

Производитель оборудования часто не учитывает конкретный эксплуатационный контекст на вашем предприятии, то есть последствия отказа вашего конкретного оборудования. Поэтому программа профилактики, рекомендованная производителем, может быть не адекватна фактической критичности отказов. В кооперации с производителем, зная критичность оборудования, вы сможете сформировать оптимальную программу технического обслуживания.

Кроме того, критичность оборудования нужно знать, чтобы:

- рационально определить запас запчастей для оборудования с разной критичностью;
- обоснованно планировать инвестиции: оборудование с высокой критичностью должно иметь приоритет в программах модернизации или замены;
- помочь инженерам по надежности сосредоточить свои усилия на наиболее важных активах;
- сократить объем трудоемких процедур, таких как АВПКО или RCM, ограничившись верхними 20% наиболее критичного оборудования.

### Вы не можете отранжировать оборудование по величине риска отказа?

Мерой риска отказа в соответствии с ГОСТ Р 51901.12-2007 является произведение вероятности отказа на тяжесть его последствий.

Может быть так, что отказ данной единицы оборудования характеризуется высокой критичностью, но вероятность отказа очень мала (оборудование надежное, применяется резервирование, интенсивность эксплуатации ниже нормативной и так далее). В этом случае риск отказа невелик. И наоборот, отказ характеризуется умеренной тяжестью последствий (например, в объеме стоимости продукции, не выпущенной по причине отказа), но большой вероятностью – тогда риск отказа большой.

Рис. 1. Список оборудования, ранжированный по важности

Серийный номер	Наименование оборудования	Наименование работы	Адрес оборудования	Класс оборудования	Адрес работы	Серийный номер	Класс работ
76.151013	КТПН 6/0,4 400 кВА №1 в.317	Текущий ремонт	ПС 35/6 к. 2121	52000010201153	Т		Т
67.799906	ОП 6/6	Техническое обслуживание	ПС 35/6 к. 2121	23000010007941	Т/О		Т/О
67.799906	ОП 6 в. КТПН 6/0,4 400 кВА №1 в.317	Техническое обслуживание	ПС 35/6 к. 2121	23000010201154	Т/О		Т/О
47.900029	ВЛ 35/6 Ф-2 ПС 110/35/6/8 КНС-12	Техническое обслуживание		20010010000168	Т/О		Т/О
46330796	ВЛ 35/6 Ф-2 м/л 110/35/6/8 КНС-16	Техническое обслуживание		20010010000048	Т/О		Т/О
36.342795	МВ 35 в.8 Т	Техническое обслуживание	ПС 110/35/6 КНС-12	11010010000499	Т/О		Т/О
36.342795	МВ 35/6 №2 ПС КНС-12	Техническое обслуживание	ПС 110/35/6 КНС-12	11010010100602	Т/О	КОН	Т/О
31.209094	ВЛ 6/6 Ф-16 м/л 35/6/8 К-302	Техническое обслуживание		23000010007916	Т/О		Т/О
28.816367	КТПН 6/0,4 250 кВА №2 в.1347 в	Текущий ремонт	ПС 35/6 к. 1.1976	62040010101489	Т		Т
27.718080	ОП 6/6	Техническое обслуживание	ПС 35/6 к. 1.1976	23000010001143	Т/О		Т/О
27.370564	ОП 6 в. КТПН 6/0,4 250 кВА №2 в.134	Техническое обслуживание	ПС 35/6 к. 1.1976	23000010102490	Т/О		Т/О
26.182217	ВЛ 6/6 Ф-10 м/л 35/6/8 К-1976	Текущий ремонт		20010010000136	Т		Т
22.712874	ОП 35 в.8 Т	Техническое обслуживание	ПС 110/35/6 КНС-12	23010010005495	Т/О		Т/О
22.712874	ОП 35 в.8 Т	Техническое обслуживание	ПС 110/35/6 КНС-12	23010010005493	Т/О		Т/О
22.712874	ОП 35 в.8 Т	Техническое обслуживание	ПС 110/35/6 КНС-12	23010010005496	Т/О		Т/О
21.915676	ВЛ 6/6 Ф-4 м/л 35/6/8 К-2121	Техническое обслуживание		20010010000253	Т/О		Т/О
18.628242	ВЛ 35/6 Ф-1 ПС 110/35/6/8 КНС-9А	Техническое обслуживание		20010010000253	Т/О		Т/О
18.127900	ВЛ 35/6 Ф-3 м/л 110/35/6/8 КНС-13	Техническое обслуживание		20010010000003	Т/О		Т/О
15.800005	КТПН КНС-450/6А №1 в.1058	Текущий ремонт	ВУСТ 35/6/8 К-406	54000010003681	Т		Т
14.404206	ОП 2 35/6	Текущий ремонт	ПС 110/35/6 КНС-9А	23010010002721	Т		Т
14.404136	ОП 35/6 №2	Текущий ремонт	ВУСТ 35/6/8 К176 ДК	23010010002704	Т		Т
14.404118	ОП 35/6 №2	Текущий ремонт	ПС 110/35/6 КНС-9А	23010010002706	Т		Т

Риски отказа должны оцениваться количественно. Если вы этого не делаете, то не можете определить оборудование с большим, средним и низким риском отказа и не можете определить приоритетность работ по ТОиР и ТПИР.

Последнее очень важно, если имеются ресурсные и финансовые ограничения, а они есть почти всегда. И почти никогда не бывает так, что денег и ресурсов хватает на все. Следовательно, необходимо определять приоритеты [2], оценивать важность оборудования и выполняемых работ.

Упорядоченный по убыванию риска список оборудования позволяет направить ограниченные ресурсы на выполнение работ именно на том оборудовании, которое находится в верхней части списка и характеризуется наивысшим риском отказа. Благодаря такому сфокусированному воздействию ограниченные ресурсы расходуются оптимально и достигается наибольший эффект в повышении надежности и снижении риска отказов.

### Вы не анализируете свою программу ТОиР на избыточность или недостаточность?

Рекомендации производителя считают самой надежной основой для разработки программы профилактического обслуживания оборудования. Однако, если не брать в расчет гарантийный срок, когда отклоняться от рекомендаций производителя крайне нежелательно, что мы можем увидеть в течение остального жизненного цикла оборудования?

Рекомендации производителя не учитывают:

- конкретные условия эксплуатации именно на вашем предприятии и, следовательно, ошибочно оценивают вероятность конкретных видов отказа;

■ конкретный эксплуатационный контекст на вашем предприятии, то есть последствия отказа вашего конкретного оборудования, и, следовательно, ошибочно оценивает соотношение затрат на предупредительные работы и последствий отказа.

Кроме того, производители стремятся к тому, чтобы их оборудование имело на рынке репутацию наиболее надежного. Поэтому рекомендуемые ими программы предупредительного обслуживания основаны на предположении наихудшего случая. Часто это приводит к избыточной программе обслуживания. Тот факт, что производитель также обычно продает запасные части, необходимые для выполнения рекомендованного профилактического обслуживания, также приводит к потенциальному конфликту интересов с производителем.

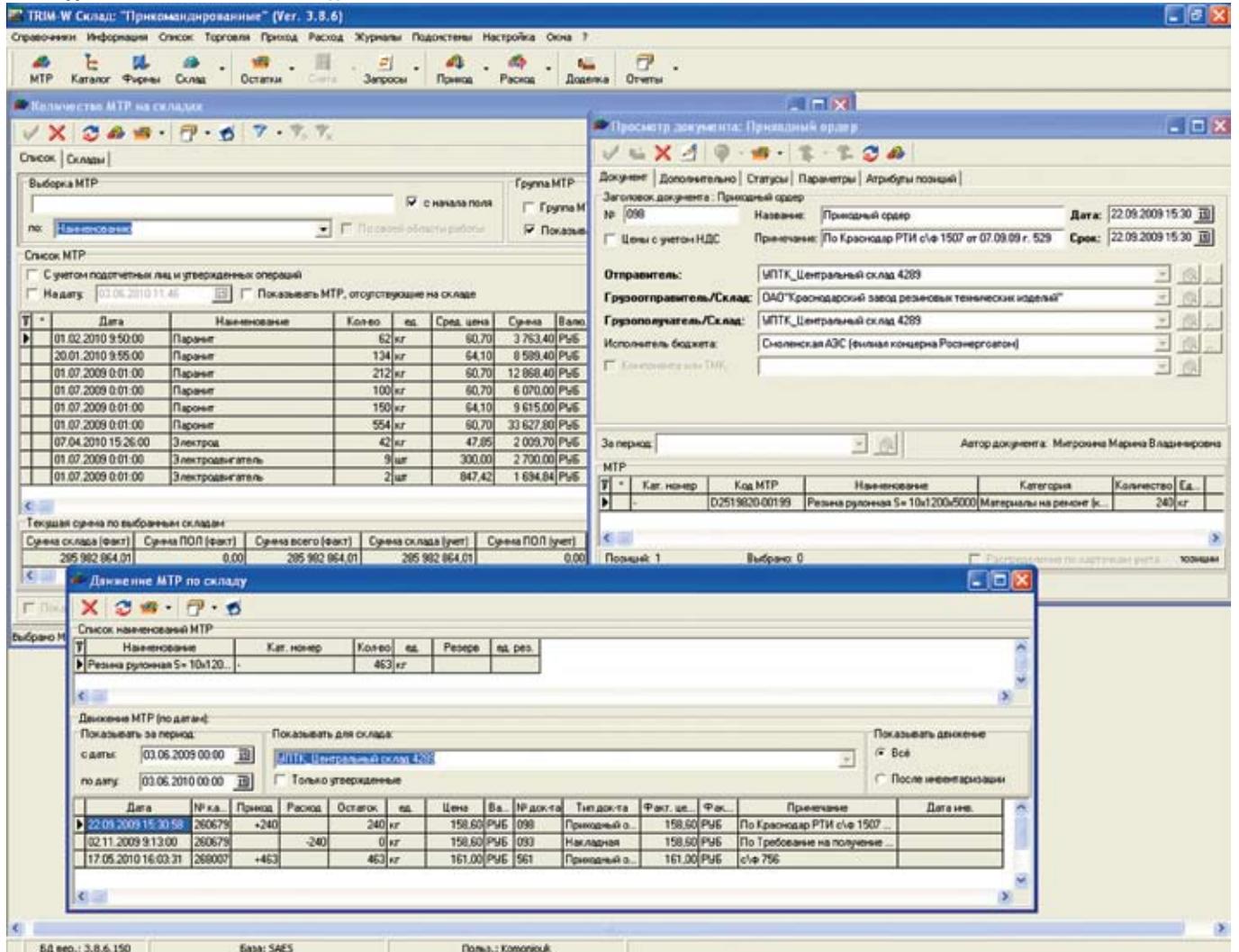
Чтобы проанализировать программу ТОиР на предмет избыточности или недостаточности, нужно сформировать полную базу данных по эксплуатируемому оборудованию, сформировать список выполняемых плановых предупредительных работ, привязать эти работы к оборудованию. Также необходимо собрать статистику по зарегистрированным дефектам и отказам, с привязкой к оборудованию, с указанием причин отказов. Все эти данные обычно накапливаются в информационной системе управления ТОиР.

Далее на основе этих данных осуществляется [3]:

- удаление из программы дублирующих работ, предупреждающих один и тот же отказ;
- удаление из программы работ, не влияющих на предупреждение каких-либо отказов;
- дополнение программы работами по предупреждению новых отказов, упу-



Рис. 2. Движение МТР и остатки склада



ценных производителем при разработке программы работ;

- выявление неэффективных работ, не приводящих к снижению вероятности отказов, и проведение анализа корневых причин таких отказов;

- проведение разовых изменений на основании анализа корневых причин: замена работы на эффективную, изменение дизайна работы (например, уменьшение интервала), замена поставщика запчастей, реконструкция оборудования.

Если вы не располагаете данными, необходимыми для анализа, не имеете информационной системы управления ТООР, то эти возможности будут вам недоступны.

### Вы платите за ремонты по принципу «от объема выполненных работ»?

При таком подходе чем больше ремонтов, тем больше выручка подрядчика. Следовательно, подрядчик не заинтересован в надежности вашего оборудования и в конечном счете не заинтересован в повышении качества ремон-

тов, используемых запчастей, квалификации своих специалистов.

Современный подход состоит в том, что стоимость сервисных услуг определяется не от объема выполненного ТООР, а от достигнутого коэффициента технической готовности (Кг) вашего оборудования. Целевое значение Кг устанавливается в договоре на сервисные услуги. Если по факту Кг оказался ниже, то сервисная организация платит штраф или снижает стоимость своих услуг на следующий период на соответствующую сумму [4].

Интересы эксплуатирующей организации и сервисной организации находятся в некотором противоречии. Для первой снижение Кг нежелательно, поэтому ей выгодно установить штраф. Для второй штраф несет в себе риск «вылететь в трубу».

Эта потенциально конфликтная ситуация может быть разрешена с помощью объективных данных о надежности оборудования, которым доверяют обе стороны. Хранилищем и источником таких данных может быть информационная система управления ТООР, общая для обеих сторон. При этом опера-

тивный персонал эксплуатирующей организации регистрирует в системе остановки, дефекты, отказы, их причины. Ремонтный персонал сервисной организации в системе уточняет причины отказов, вносит отчеты о выполнении работ. Спорные ситуации о причинах отказов рассматривает совместная группа обзор, результаты работы которой также заносятся в систему.

### Вы не можете количественно оценить последствия сокращения бюджета?

Часто возникает ситуация, когда запланированный бюджет ТООР или капитальные инвестиции приходится сокращать – например, сократить на 10%. И возникает вопрос: какую статью сокращать? И каковы будут последствия сокращения?

Первое, что вам необходимо в данном случае, – иметь расчетную модель прогноза технического состояния оборудования и вероятности его отказа, позволяющую предсказать, когда откажет оборудование при данном его техническом



состоянии. Необходимо учитывать, что отказ – это переход объекта в состояние, в котором значение хотя бы одного из параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям документации (п. 3.4.1, 3.2.4 ГОСТ 27.002-2015).

Модель также должна включать в себя анализ альтернатив по принципу «что, если». Например, откажет ли оборудование в межремонтный период, если перенести его ремонт или техническое перевооружение на некоторый срок.

Для прогнозирования отказов используются данные о параметрах технического состояния, собираемые непосредственно с оборудования. Возможны два варианта использования этих данных и, соответственно, две группы методов прогнозирования отказов [5]:

1. Методы, основанные на моделях. Они используют математические модели для описания физического поведения и процессов деградации оборудования, при этом значения параметров модели изменяются на основе собранных с оборудования данных.

2. Методы, основанные на обработке данных (МОД). Они описывают процесс деградации оборудования на основе обработки измеряемых данных с использованием статистических методов или методов искусственного интеллекта.

МОД обладает свойствами универсальности, поскольку они абстрагированы от физической природы объектов, не требуют знаний его внутренней структуры и функциональных связей между элементами. МОД реализуется путем обработки данных в нейронных сетях, способных обрабатывать и прогнозировать временные ряды, извлекать из них признаки отказов, выявлять тенденции.

И второе, что нужно, – это знать последствия в денежном выражении того отказа, который неизбежно возникнет вследствие сокращения бюджета на предупредительные работы. Это позволит сопоставить экономию от секвестирования бюджета и последствия (ущерб) отказа. И уже на этой основе определить статью, при сокращении которой последствия отказа будут малы по сравнению с экономией.

### **Вы не можете обеспечить минимум риска при сокращении бюджета?**

При сокращении бюджета не всегда бывает достаточно, чтобы последствия отказа были малы по сравнению с экономией бюджета.

Может быть задан минимальный допустимый риск. Может быть поставлена задача гарантировать, что совокупный

риск отказов будет минимально возможным при оставшемся уровне финансирования и не выше допустимого. В этом случае вам понадобится упорядоченный по убыванию риска список оборудования, о котором говорилось выше, а точнее – нижняя часть этого списка.

Отменяя предупредительные работы на наименее рисковом оборудовании, вы будете сокращать затраты и одновременно принимать риск отказа этого оборудования. При этом будет возможно отслеживать результирующий риск, так чтобы он не превышал допустимого. И в то же время экономия именно на работах с оборудованием низкого риска позволит обеспечить минимально возможный риск.

### **Вы не знаете, почему ваш склад забит невостребованными запчастями?**

Может быть так, что сокращение бюджета провели, работы из плана исключили, а запчасти, которые планировались под эти работы, остались в плане закупок и были в итоге закуплены. Причина – отсутствие неразрывной информационной связи «работа – запчасть», из-за чего работа выпадает, а запчасть остается. Такое возможно при планировании «на бумаге», когда планируются тысячи работ – каждую работу и каждую запчасть вручную не отследишь.

И тогда ваш склад наполняется невостребованными запчастями. Избежать этого поможет информационная система управления ТОиР, в которой как раз и создается связь между каждой позицией в плане закупок запчастей и соответствующей работой.

Другой пример. Зачастую при бумажном процессе заказа запчастей, на каком-то этапе теряется какой-либо атрибут запчасти – скажем, класс точности подшипника. Вследствие этого в заказ поставщику не попадает важная характеристика и может быть закуплен другой подшипник. Либо если поставщик получил эту информацию и подшипник корректно закуплен, то информация о классе точности не укажут при оприходовании на центральном складе. А в подразделении-заказчике не узнают, что появилась нужная позиция, и закажут ее повторно. Но такого не произойдет [6], если у вас имеется единый для всех служб справочник материально-технических ресурсов (рис. 2).

### **Заключение**

Если хотя бы на часть поставленных выше вопросов вы ответили утвердительно,

то у вас проблемы. Именно по этой причине ваша система ТОиР нуждается в улучшении. Для ее улучшения вам необходимо пройти ряд этапов:

1. Выполнить аудит системы ТОиР, по результатам которого разработать программу улучшений.

2. Провести кадровые изменения, сформировать подразделения или определить лиц, которые будут заниматься управлением рисками, связанными с эксплуатацией и обслуживанием ваших активов. Определить экспертов по видам оборудования.

3. Обучить персонал, повысить его компетентность в области современных практик управления активами в соответствии с международными стандартами ISO 55000. Сформировать компетенции по управлению рисками, в том числе инженера по надежности, планировщика ТОиР и пр.

4. Разработать и документировать методологическую основу новой системы ТОиР – процессы, процедуры, методики.

5. Разработать техническое задание на информационную систему ТОиР и внедрить эту систему на основе специального программного обеспечения класса EAM – например, на основе программного обеспечения TRIM [7].

### **Список литературы**

1. Кац Б.А. Кому и зачем нужен электронный журнал дефектов? // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2013. № 1 (64). – С. 63–66.
2. Антоненко И.Н. Методика приоритизации объектов обслуживания на основе оценки критичности отказов // В мире неразрушающего контроля. – 2018. – Т. 21, № 3. – С. 64–68.
3. Антоненко И.Н., Беляков М.И. Об одной надежностной задаче и ее решении в информационной системе // Автоматизация в промышленности. – 2015. – № 8. – С. 18–21.
4. Нетес В.А. Размеры штрафов за нарушение требований к готовности в SLA // Электросвязь. – 2008. – № 3. – С. 37–40.
5. Сай Ван Квонг. Глубокие нейронные сети для предсказательного технического обслуживания // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7, № 4. – С. 1–11.
6. Комонюк О.В. Как автоматизировать процессы материально-технического снабжения на предприятии // Генеральный директор. Управление промышленным предприятием. – 2010. – № 8. – С. 46–51.
7. Матюшин В.А., Антоненко И.Н. Автоматизация с отдачей. Управление техническим обслуживанием и ремонтом // ТехНАДЗОР. – 2008. – № 6 (18). – С. 26–27.