

## Введение

Главной задачей контроля состояния машин является предоставление необходимой информации о техническом состоянии работающей машины для корректного использования в будущем и технического обслуживания. Неотъемлемым элементом данного процесса считается отметка состояния машины во время ее работы. Главный смысл стандарта – продвижение хорошо проявивших себя способов сбора информации. В противопоставление процедурам измерения состояния и приемочных исследований, наблюдение за состоянием состоит из сбора данных во время всей процедуры эксплуатации оборудования, это помогает сравнить результаты, полученные за весь период и сделать определённые выводы. Следовательно, важно знать изменение состояния машины за весь период работы, а не текущее состояние машины.

## 1. Система сбора информации о состоянии оборудования

Под сбором информации о состоянии оборудования подразумевается - набор процедур, действий и ресурсов, созданных при помощи диагностической сети, дающий возможность по итогу измерений данных параметров в заданных точках и мониторинг за работой оборудования извлечь информацию о нынешнем техническом состоянии оборудования.<sup>(1)</sup>

Основные задачи системы мониторинга:

- Получение корректной информации о предмете исследования
- Интерпретация полученных данных
- Обеспечить сохранность данных для дальнейшего использования, при необходимости

При проектировании системы мониторинга необходимо придерживаться следующих правил:

- Минимизация количества датчиков, сопровождающих деятельность приборов и технической системы в общем, которое может создать наблюдаемость за техническим положением.<sup>(1)</sup>
- Уменьшение фаз обработки сигналов с датчиков.

### 1.1 Применение систем совокупного диагностического мониторинга для оценки технического положения оборудования

В нынешней экономике главным направлением увеличения производительности управления центральными производствами химических и нефтеперерабатывающих компаний считается скачок к обслуживанию и восстановлению повреждённого технологического оборудования по настоящему техническому состоянию. Оно помогает повысить доход при помощи уменьшения простоев машин и повышения эффективности длительности межремонтных сроков, а так же уменьшить расходы на ремонт оборудования, которое ещё способно отработать, даёт возможность для гибкого распределения внутренних средств компании, побуждает исследование и введение передовых технологий техобслуживания и устранения неисправностей.

Данный переход предусматривает серьёзное увеличение ответственности предприятия в проблеме поддержки надежного использования оборудования. Значимую важность данная сложность обладает для нефтеперерабатывающих производств, где находятся вещества которые могут повлечь за собой пожар, а катастрофы и сбои в работе технологического оборудования при снижении его технического положения обычно приводят к огромным человеческим жертвам и миллиардным потерям денежных средств, а так же наносят неисправимый вред экологии.

Разработка указанного ранее принципа обслуживания на химических и нефтеперерабатывающих заводах не под силу без подготовки действенной системы сбора и исследования данных о настоящем состоянии технологического устройства, это возлагает некоторые требования на возможности, методы и средства получения подобной информации.

Структура сбора и исследования данных о нынешнем техническом состоянии приборов химических производств обязана учитывать такие виды контроля как:

- постоянное наблюдение за наиболее надёжным оборудованием во время его использования;
- циркулярный контроль менее надёжного оборудования во время его использования;
- входное наблюдение за ресурсами, которые используют во время сборки и ремонта установки;
- обследование оборудования после того как будет произведён монтаж и восстановление перед запуском в работу;
- контроль за работой персонала, ответственного за работу и обслуживание оборудования.

Главная функция в изложенной выше системе сбора и анализа данных назначается наблюдению технического состояния наиболее надёжных устройств во время эксплуатации, которое должно в реальном времени рассчитывать такие задачи как:

- отслеживать с должной достоверностью местоположение, тип и характер найденных неисправностей;
- должным образом оценивать опасность найденных дефектов;
- отслеживать динамику хода обнаруженных дефектов и уметь предсказывать время перехода техники в плохое состояние;
- заранее говорить персоналу о наступлении критического состояния техники и вовремя устранять возникшие угрозы путем выработки управляющих воздействий.

Для того что бы решить перечень вышеизложенных задач следует использовать системы комплексного диагностического мониторинга (КДМ), они заключаются на методах неразрушающего контроля.

Если представить мониторинг как основную часть системы получения своевременных данных о настоящем техническом состоянии устройства, то можно заметить, что главную роль имеет мониторинг оборудования с критическими дефектами, которое эксплуатировали из-за того что его невозможно отремонтировать или нельзя было найти ему замену в довольно кратчайшие сроки, и техники, фактические параметры эксплуатации которой превышают заданные производителем значения.

Возможность отказов в работе данной техники несоизмеримо выше, по этой причине рабочие должны позаботится о том, чтобы оно было в первую очередь обеспечено системами мониторинга технического состояния.

## 2. Принципы проектирования систем мониторинга

### Принцип инвариантности

Выбираемые диагностические признаки должны быть инвариантны к конструкции диагностируемого оборудования и форме корреляции с его неисправностями, что обеспечивает применение стандартных процедур без эталонного диагностирования и прогнозирования ресурса оборудования и, соответственно, уменьшает время разработки и внедрения систем мониторинга.

### Принцип информационной полноты

Совокупность диагностических признаков, используемых в системе мониторинга, должна обеспечивать хорошую обусловленность обратной физической задачи обнаружения всех неисправностей, характерных для объекта мониторинга.

### Принцип инвариантности

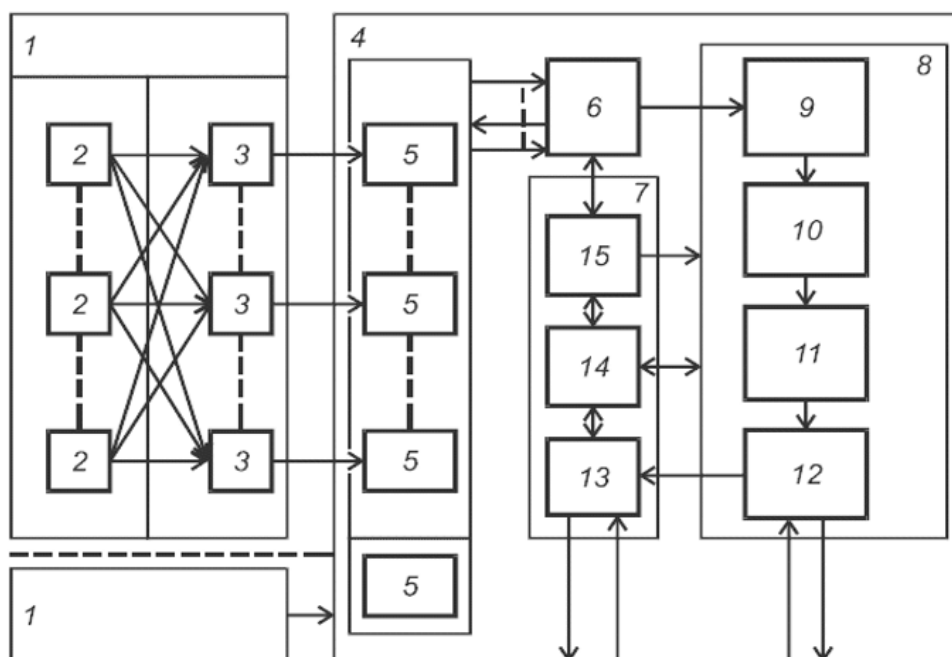
Выбираемые признаки, отвечающие за диагностику, должны быть неизменны к конструкции диагностируемого оборудования и форме корреляции с его неисправностями, что обеспечивает применение стандартных процедур без эталонного диагностирования и прогнозирования ресурса оборудования и, соответственно, уменьшает время разработки и внедрения систем мониторинга.

Принцип дружелюбности интерфейса при максимальной информационной емкости

Пользовательский интерфейс системы мониторинга обязан давать моментальное и простое понимание оператором данных о состоянии технологической системы в общем и прием им предписаний на ближайшие немедленные действия.

### 3. Структурная схема системы мониторинга

Общая структурная схема системы мониторинга показана на рисунке 1.



1 - агрегат; 2 - диагностируемый узел; 3 - канал распространения; 4 - система мониторинга; 5 - датчик; 6 - блок согласования; 7 - тракт управления; 8 - тракт распознавания; 9 - анализатор; 10 - блок формирования диагностических признаков; 11 - блок принятия решения; 12 - блок оповещения, отображения и регистрации; 13 - блок сетевых интерфейсов (Intranet/Internet); 14 - информационные базы данных и знаний; 15 - блок управления и синхронизации.

Рисунок 1 – Структурная схема системы мониторинга

Под объектом мониторинга подразумевается электрооборудование состоящее из  $m$  узлов, подвергающихся диагностике.

Построенные в узлах физические процессы (например, колебания) через систему механических и остальных связей (каналы распространения) достигают мест, где они анализируются системой из  $n$  датчиков (в зависимости от выбранного метода диагностики или контроля).

Блок принятия решения, который находит техническое состояние объектов и выдает нужную диагностическую информацию и/или указания по допуску объекта в нормальное состояние на основании входного массива

диагностических признаков и эксплуатационных данных, хранится в информационной базе данных и знаний.

Блок информации, отображения и регистрации сообщает информацию о состоянии оборудования до персонала с использованием разного рода каналов: визуального (дисплей системы), звукового, печати (распечатка протоколов на принтере).

С помощью блока сетевых интерфейсов информация о состоянии оборудования передается внешним заинтересованным службам по выделенным линиям локальной сети (Ethernet), каналам последовательной передачи данных (RS-232/485), телефонным линиям с использованием модемов.

Информационная база данных и знаний содержит:

- базы данных конфигурации диагностируемого оборудования, конфигурации системы мониторинга, базы данных значений диагностических признаков, сигналов, трендов, журналов и других данных, необходимых для работы системы мониторинга;
- базы знаний, необходимые для работы экспертной системы.

Блок управления и синхронизации осуществляет общее управление всей системой мониторинга по определенному алгоритму и/или набору адаптивных алгоритмов.

#### 4. Оценка технического состояния электрических машин

При помощи весовых значений функциональных узлов электрооборудования можно сделать вывод об оценке состояния и надёжности данного электрооборудования.

Этапы оценки электрооборудования состоит из следующих шагов:

1. Выявление основных узлов, используемых в работе системы;
2. Постановка экспертных оценок изучаемого электрооборудования;
3. Испытание электрооборудования для выявления параметров контроля;
4. Поиск весовых коэффициентов функциональных узлов;
5. Поиск индексов технического состояния функциональных узлов и оборудования в целом.

Для удобства понимания индекс технического состояния измеряется по сто бальной системе, где наименьшее значение (0) говорит нам о плохом состоянии электрооборудования.

Диапазон значений индексов технического состояния функциональных узлов находится в пяти равномерных числовых промежутках. Если значение индекса соответствует первому интервалу это значит, что электрооборудование не пригодно для использования на предприятии, а значение индекса больше 80-ти говорит нам об оптимальном функционировании технического электрооборудования.

Вес функциональных узлов может быть от 0 до 1, а сумма не превышает 1. Весовые коэффициенты говорят нам о точности, работоспособности, и важности функционального узла.

Для примера и далее, будем считать что в нашем техническом оборудовании 5 функциональных узлов. Каждый узел назовем  $U_i$ , где  $i$  – номер узла.



Таблица 1 – Пример подсчета весовых коэффициентов функциональных узлов

Функциональный узел	Вес функционального узла
У1	0,074
У2	0,135
У3	0,135
У4	0,25
У5	0,42

Для дальнейших расчётов необходима оценка состояния электрооборудования. Оценка может быть получена в результате работы электрооборудования или непосредственно производителем электрооборудования.

Для получения значения индекса технического состояния функционального узла необходимо умножить значение оценки узла на вес функционального узла.

Таблица 2 – Пример расчета индекса технического состояния

Название ФУ	Вес ФУ	Оценка ФУ	Индекс технического состояния, балл
У1	0,074	65	$0,074 \times 65 + 0,135 \times 80 + + 0,135 \times 85 + 0,25 \times \times 75 + 0,42 \times 70 = 75,3$
У2	0,135	80	
У3	0,135	85	
У4	0,25	75	
У5	0,42	70	

Данные показатели говорят нам о хорошем состоянии рассматриваемого в примере технического оборудования. Узел с максимальным весом придаст максимально предельный вклад в показатель технического состояния функциональных узлов, находящихся в том же техническом состоянии.

Вычисление надежности электрооборудования строится на основе данных полученных в результате работы электрооборудования на предприятии. Для вычисления уровня надежности нужно:

- определить главные функциональные узлы, влияющие на исправность электрооборудования в аналогии с результатами оценки технического электрооборудования;
- установить веса функциональных узлов, полученных при анализе технического электрооборудования. Тем самым устанавливается шкала надёжности функциональных узлов;
- расчет вероятности безотказной работы как узла так и всего электрооборудования;

При необходимости данный метод позволяет нам отслеживать изменение индекса технического оборудования, вероятность безотказной работы оборудования и узлов.

Каждый узел в свою очередь может быть разделён на несколько составных частей называемых группой параметров. Такая модель построения системы называется модель «слабейшего звена»

Таблица 3 – Табличное представление системы

Номер узла	Название узла	Вес узла	Номер группы параметров	Вес группы параметров
1	У1	0,074	1.1	1
2	У2	0,135	2.1	0.25
			2.2	0.25
			2.3	0.25
			2.4	0.25
3	У3	0,135	3.1	0.33
			3.2	0.33
			3.3	0.34
4	У4	0,25	4.1	0.33
			4.2	0.33
			4.3	0.33
5	У5	0,42	5.1	0.25
			5.2	0.25
			5.3	0.25
			5.4	0.25

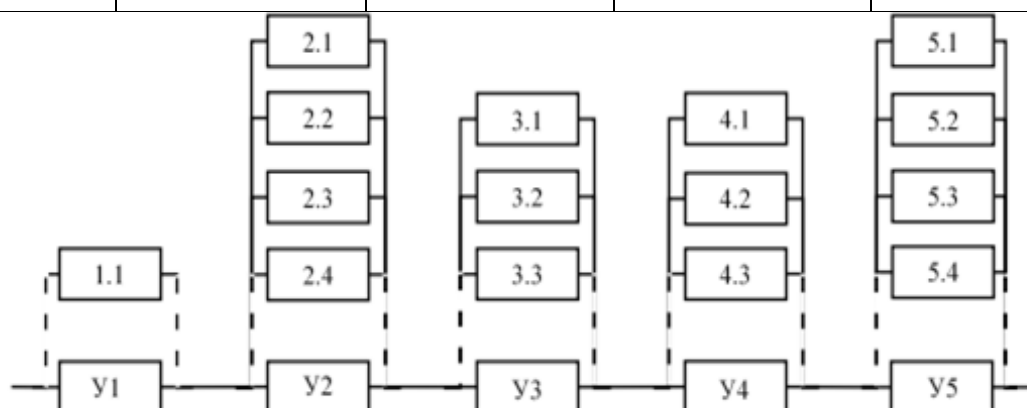


Рисунок 2 – Схематическое представление системы

Показатели вероятности безотказной работы подсистемы рассчитываются отдельно, а затем суммируются для поиска вероятности безотказной работы всего электрооборудования. Наиболее значимые функциональные узлы учитываются при расчетах вероятности безотказной работы.

Расчет надежности электрооборудования проводится на основе эксплуатационных данных об отказах и согласуется с оценкой.

В соответствии со структурной схемой результирующая вероятность безотказной работы электрооборудования и узлов определяются формулами.

$$P_{\Sigma 0} = e^{-\lambda \sum a_i t} (1)$$

$$P_{y \Sigma 0} = e^{-\lambda a_i t} (2)$$

Где  $\lambda$  – интенсивность отказов электрооборудования, полученная экспериментальным путем или на основе статистических данных,  $a_i$  – вес функционального узла,  $t$  – рассматриваемый промежуток времени.<sup>(3)</sup>

За рассматриваемый период времени берем разность в годах между годом ввода электрооборудования в эксплуатацию в производстве и текущем годом,  $\lambda = \text{const}$ , которая подчиняется экспоненциальному закону распределения.

В качестве примера возьмем год ввода в эксплуатацию 2012, а  $\lambda = 0,9 * 10^{-5}$

Таблица 3 – Полученная вероятность безотказной работы

Узел	$\lambda_i$	$P_{уэо}$	$P_{эо}$
У1	0,667	0,884	0,896
У2	1,215	0,8189	
У3	1,215	0,7945	
У4	2,169	0,8938	
У5	3,735	0,8996	

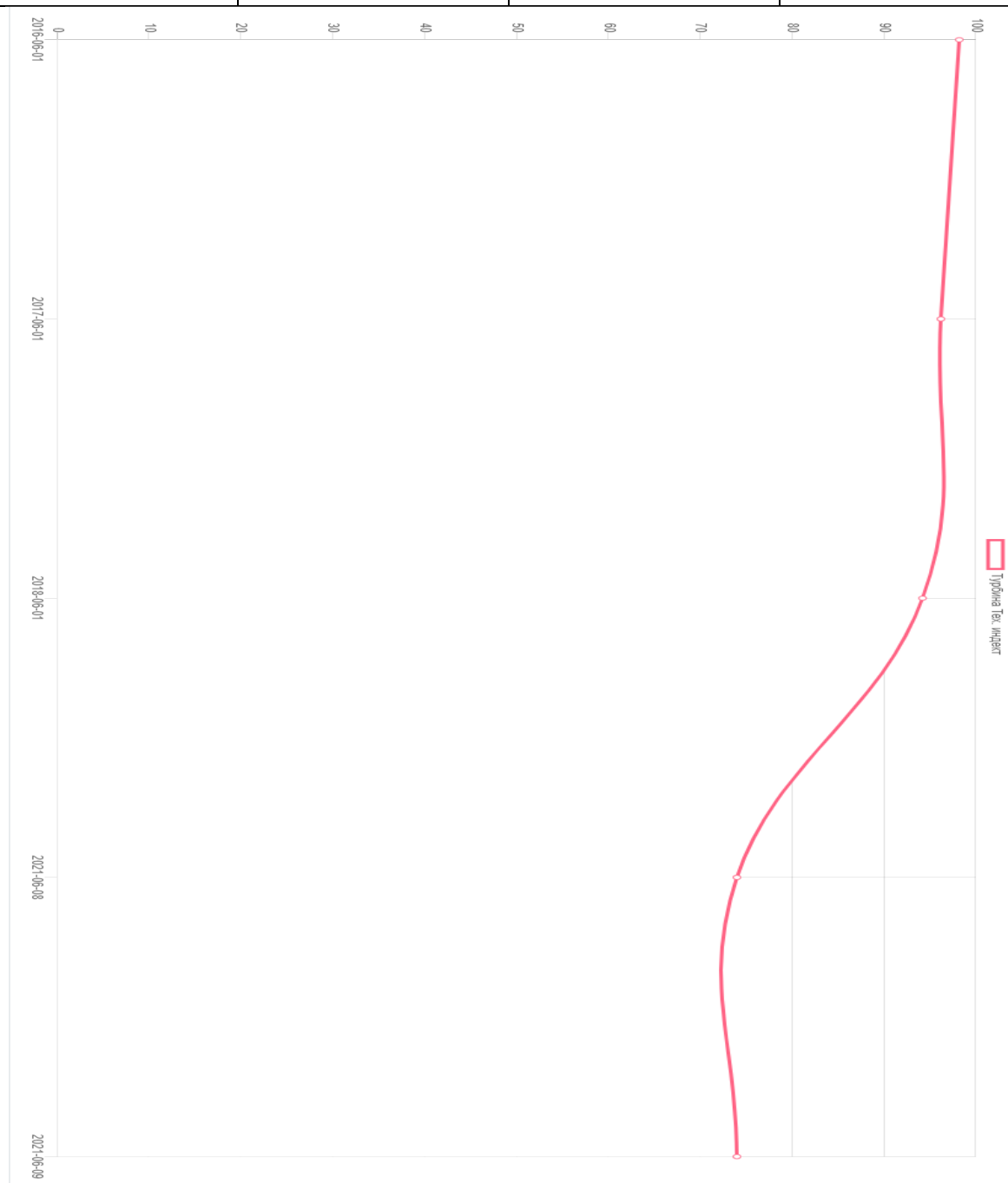


Рисунок 3 – Пример графика технических индексов

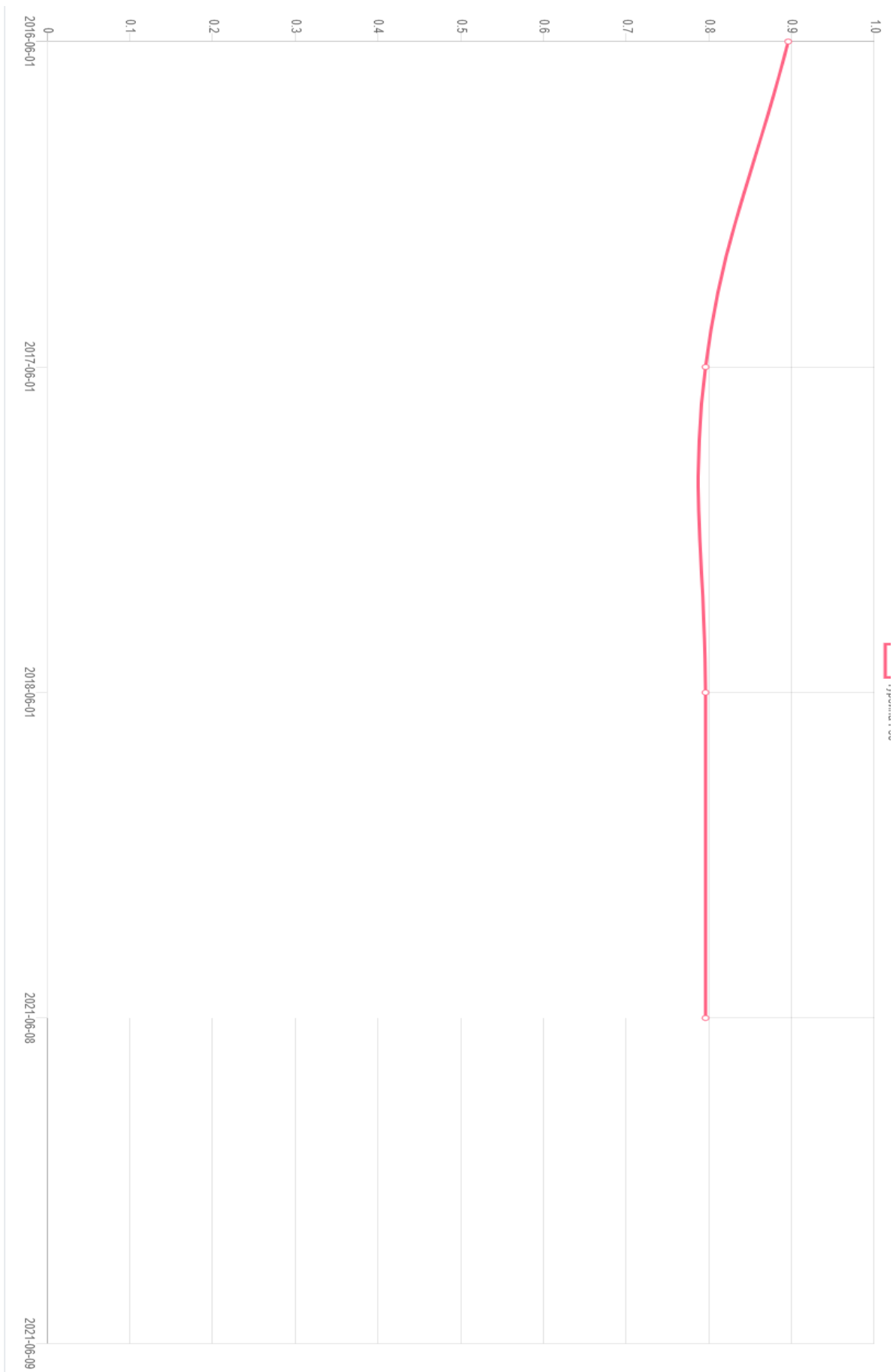


Рисунок 4 – Пример графика вероятности безотказной работы электрооборудования

Данный метод позволяет нам анализировать работоспособность электрооборудования на разных временных участках. Рассмотренный пример показывает, что электрооборудование эффективно функционирует и не подлежит ремонту или замене.

## Список использованных источников

1. Восемь интересных возможностей PostgreSQL, о которых вы, возможно, не знали [Электронный ресурс]: коллективный it-блог. – Режим доступа: WWW.URL: <https://habr.com/ru/company/otus/blog/523322/>, свободный – 13.10.2020.
2. Дейт, К. Введение в системы баз данных [Текст] / К. Дейт – 8-е изд. перераб. И до. -М.: Вильямс, 2018. – 1328 с.
3. Карвин, Б. Программирование баз данных SQL. Типичные ошибки и их устранение [Текст] / Б. Карвин – 2-е изд. перераб. И до. -М.: Рид Групп, 2011 – 336 с.