



# Мониторинг эксплуатации оборудования с использованием SAP Predictive Maintenance and Service

Антон Курудинов

# Содержание

---

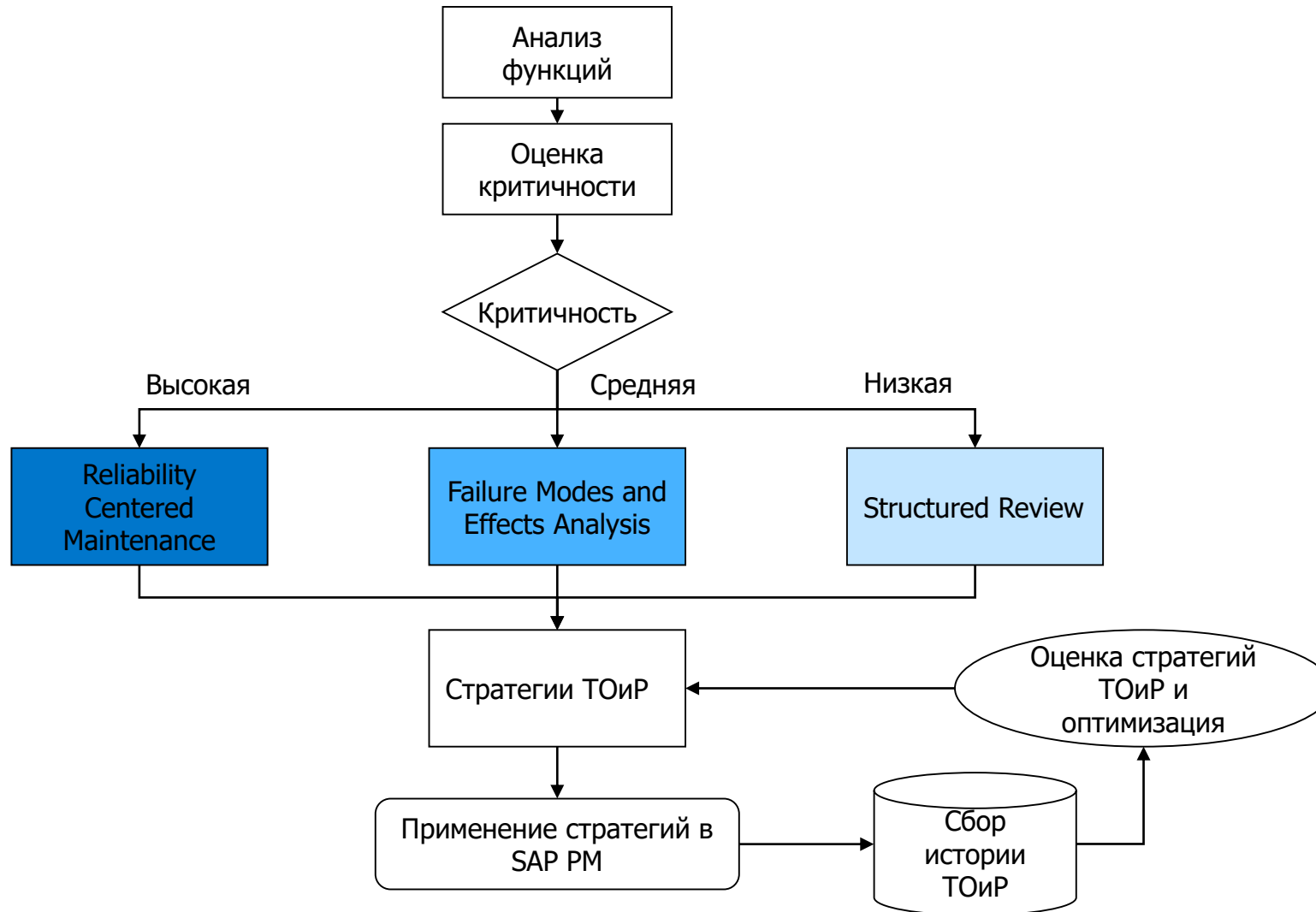
1. Назначение и архитектура
2. Алгоритмы машинного обучения
3. Подход к внедрению

# Система управления производственными активами SAP EAM

Соответствует требованиям стандарта ISO 55000 и лучшим мировым практикам



# Определение стратегии ТОиР - процесс



Overview

This is sample data. The actual risk score will be calculated in the assessment application.

Risk Score: 16  
 Normalized Risk Score(%): 15.15  
 Criticality: A High

Finance

DM TEDI.69: 3  
 DM TEDI.68: 5  
 DM TEDI.67: 2

DM TEDI.69

Almost Never	5	4	6	8	12
Occasionally	4	6	12	16	24
Frequently	6	12	18	24	36
Very Frequently	8	16	24	32	48
100%	12	24	36	48	72

DM TEDI.67

Almost Never	5	13	15	20	25
Occasionally	13	24	30	40	50
Frequently	15	30	45	60	75
Very Frequently	20	40	60	80	100
100%	25	50	75	100	125

Impact

very low	2.5	5	7.5	15
low	5	10	15	20
medium	7.5	15	22.5	30
high	10	20	30	40
very high	15	30	45	60

Basic Information

Short Description: Template for assessing Risk on FoulingMeters  
 Long Description: Template for assessing Risk on FoulingMeters  
 Status: Unpublished  
 Version: Changed On

Impact Category Selection

ID	Description	Weight
Finance	Finance	33.34
Brand	Brand	33.33
...	...	33.33

KPIs

Availability: Technical vs Operational: 45%

Subcontract Work: 15M, 51M, 36M EUR

Maintenance Requests to Correct Incidents: Reported Injuries: 12, Safety Incidents: 13, Enviro Compliance: 24

Stock Outages Average Per Month: 3

Reliability Mean Time: To Repair: 12, Between Repair: 13, Between Failure: 24

Maintenance Budget Utilisation: 63.72 M, 65%

Number of Work Orders Per Clock Hour

Associated Documents

Work Orders (6)

Name	Type	Frequency	Created By	Performed By	Date	Cost
WO - Weekly Service	Inspection	Weekly	Christian Bate	A.N Thomas	12-12-2015	12,000
WO - Replace batteries	Inspection	Monthly	Christian Bate	A.N Thomas	12-12-2015	10,000
WO - Clean DW	Breakdown	Yearly	Christian Bate	A.N Thomas	12-12-2015	5,000

Notifications (5)

Name	Type	Created By	Date	Possible Reasons
Perform Weekly Service	Preventive	Christian Bate	12-12-2015	Reason A

Equipment

21sep\_Class\_SK / 21sep\_Subclass\_SK /

Equip\_23sep\_SK  
 Equip\_23sep\_Sk

Model: Model22sep  
 Manufacturer: AAKMORGCSVTEST081315

Completeness: 95%

Status: Published  
 Equipment Phase: Sold to Hera\_SAP Australia

Overall Risk: 21

Published On: Oct 31, 2016  
 Shared With: 3 Partners

Revision: 1

STRUCTURE AND PARTS | INSTRUCTIONS | DOCUMENTS | ANNOUNCEMENTS | MEASURING POINTS | IMPROVEMENT CASES | TIMELINE | RISK ASSESSMENT

Risk Assessment

Risk Score: 21  
 Impact Categories: [Star] [Down Arrow]  
 Saved On: 12-12-2016

Impact Category Score

Brand: 18

Probability of Failure

Yellow	Orange	Red	Red
Green	Yellow	Orange	Red
Green	Green	Yellow	Orange
Green	Green	Green	Yellow
Green	Green	Green	Green

Consequence of Failure

Green	Yellow	Orange
-------	--------	--------

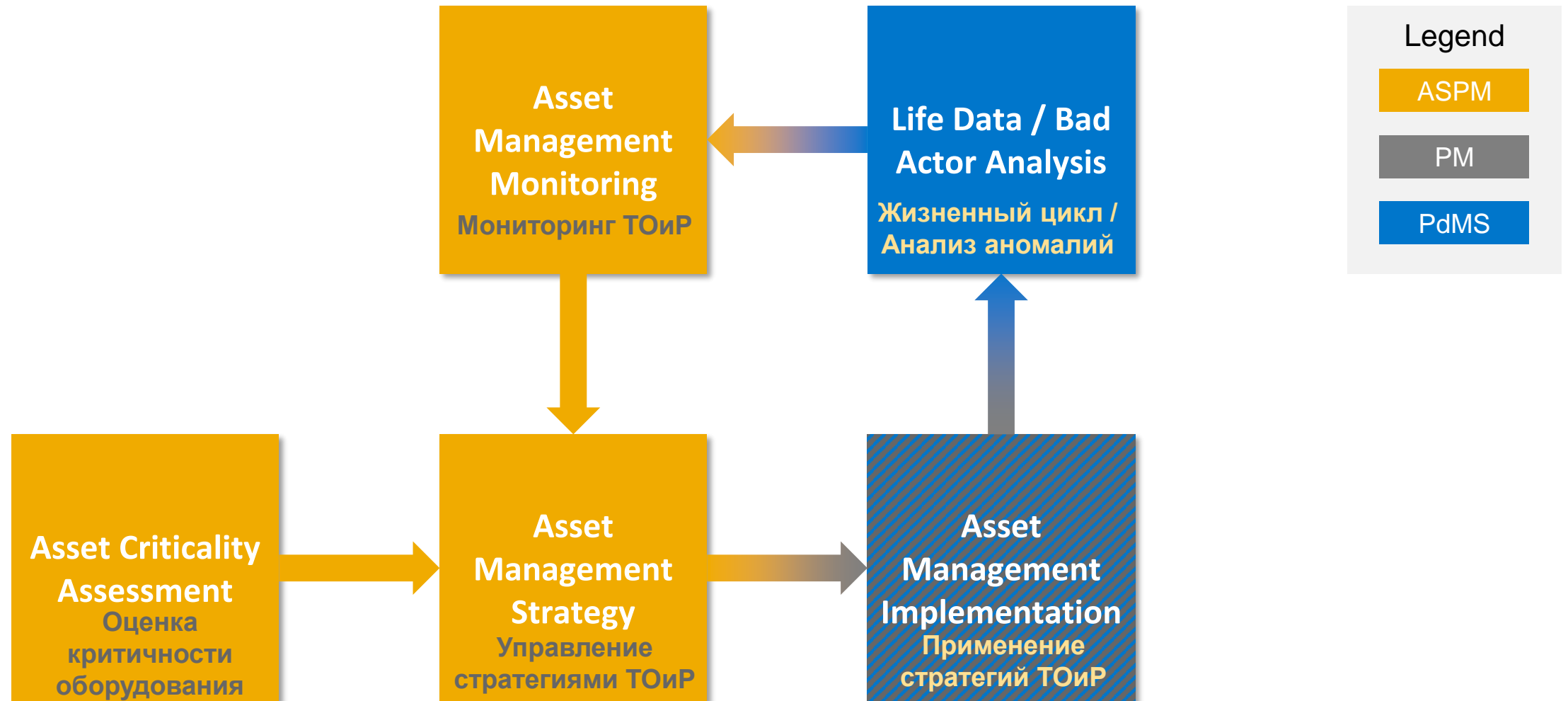
Dimension Three

Legend:

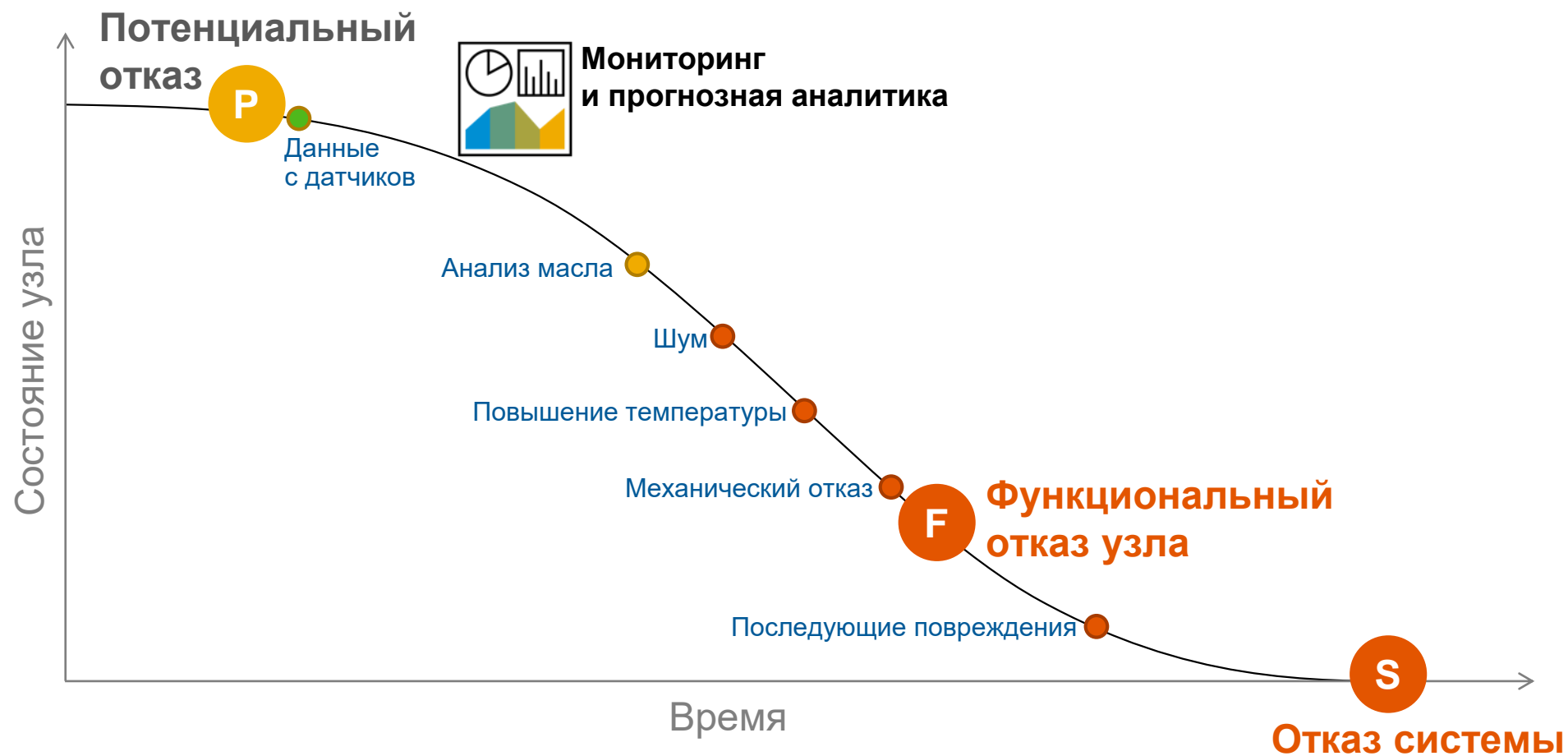
- Negligible (Green)
- Low (Yellow)
- High (Orange)
- Extreme (Red)

# Asset Strategy and Performance Management

## Основные блоки



# Мониторинг состояния оборудования



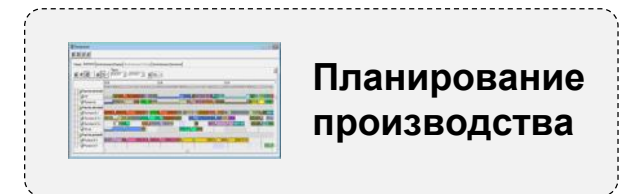
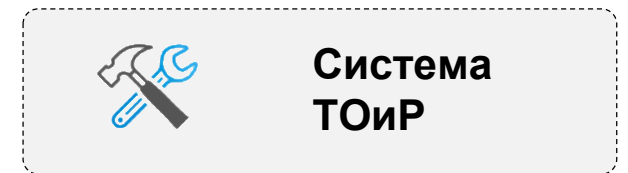
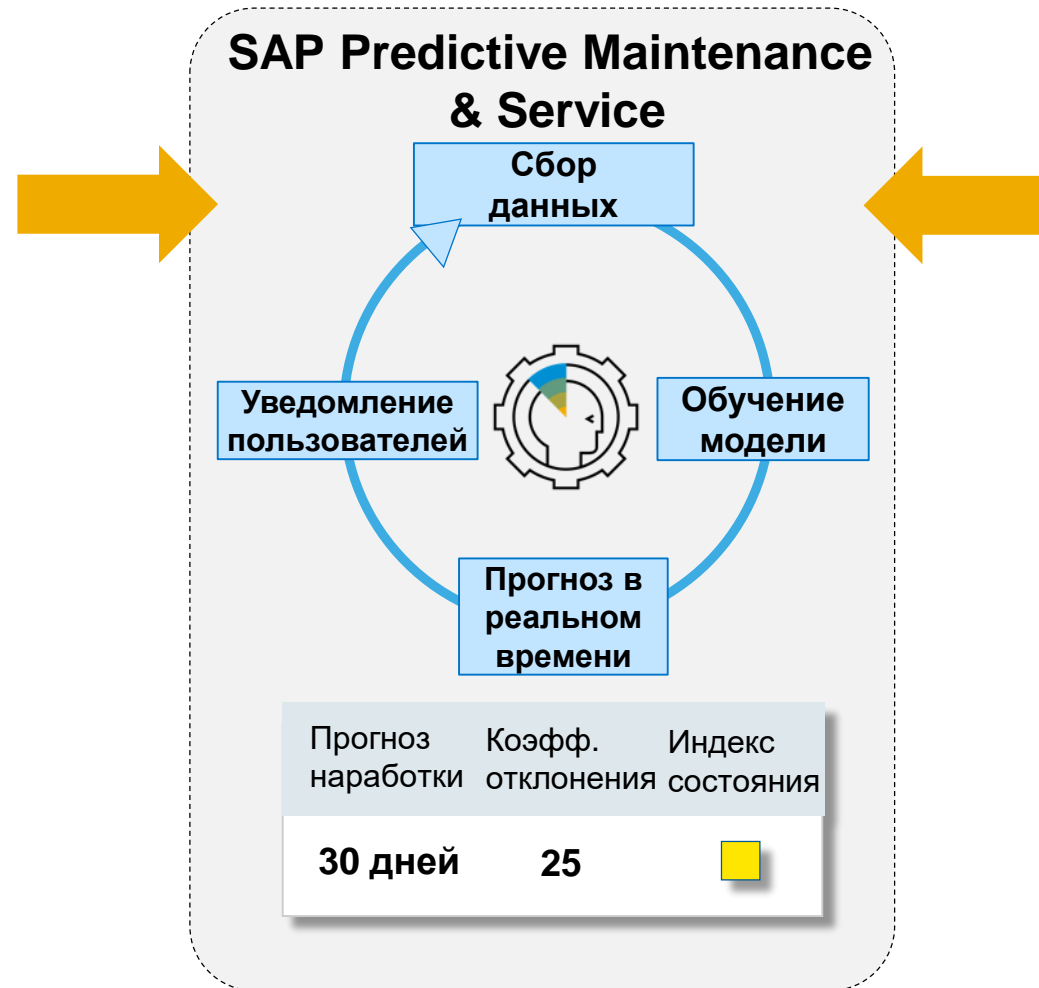
# SAP Predictive Maintenance and Service

Мониторинг технического состояния с использованием машинного обучения



## Данные с датчиков:

- Интеграция с ПЛК/SCADA (поточная обработка)
- БД с историческими данными
- Загрузка из файлов

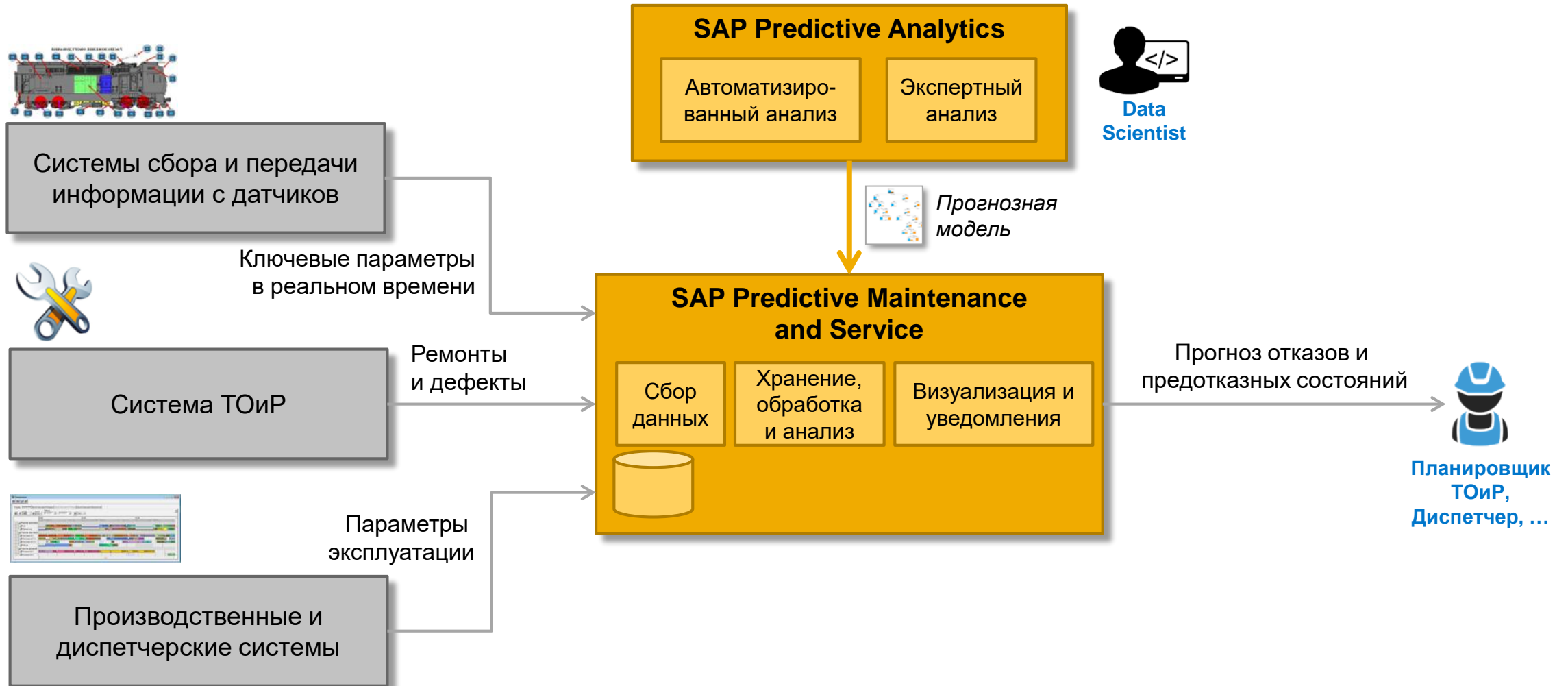


## Бизнес-данные:

- Информация и датах и видах ремонтов
- Условия эксплуатации
- Характеристики: производитель, тип, модель
- Результаты диагностики, оценка тех. Состояния, дефекты
- Производственная программа



# Пример архитектуры Predictive Maintenance



# Машинное обучение



## Прогноз отказов

Есть статистика по параметрам и отказам

Обучение алгоритма на корреляции входных данных и целевого события

Прогноз отказов

### Входные параметры

### Целевое событие

Дата	Время	Давление	Темпер.	Ток	Вращ.	Отказ
16-Apr	1:23	1003	154	220	1500	Нет
16-Apr	1:23	1003	154	220	1500	Нет
16-Apr	1:23	1003	154	220	1500	Да

Прогноз отказа



## Поиск аномалий

Доступны только входные данные (нет статистики по отказам)

Обучение алгоритма на нормальном поведении объекта

Предупреждение об аномалиях при отклонении входных данных от нормы

### Входные параметры

### Целевое событие

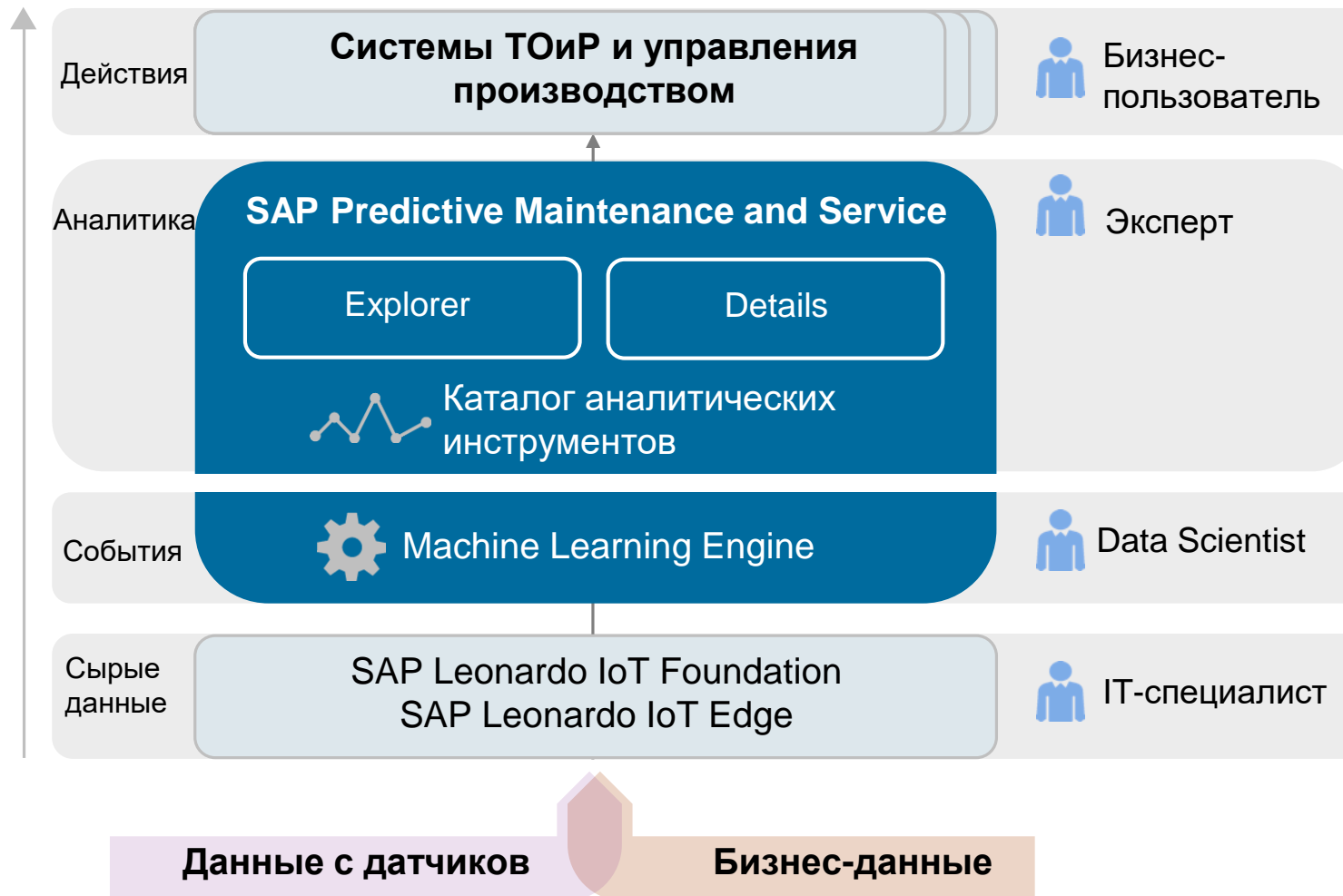
Дата	Время	Давление	Темпер.	Ток	Вращ.	Отказ
16-Apr	1:23	1003	154	220	1500	
16-Apr	1:23	1003	154	220	1500	
16-Apr	1:23	1003	214	220	1500	

Предупреждение об аномалии



# SAP Predictive Maintenance and Service

## Архитектура



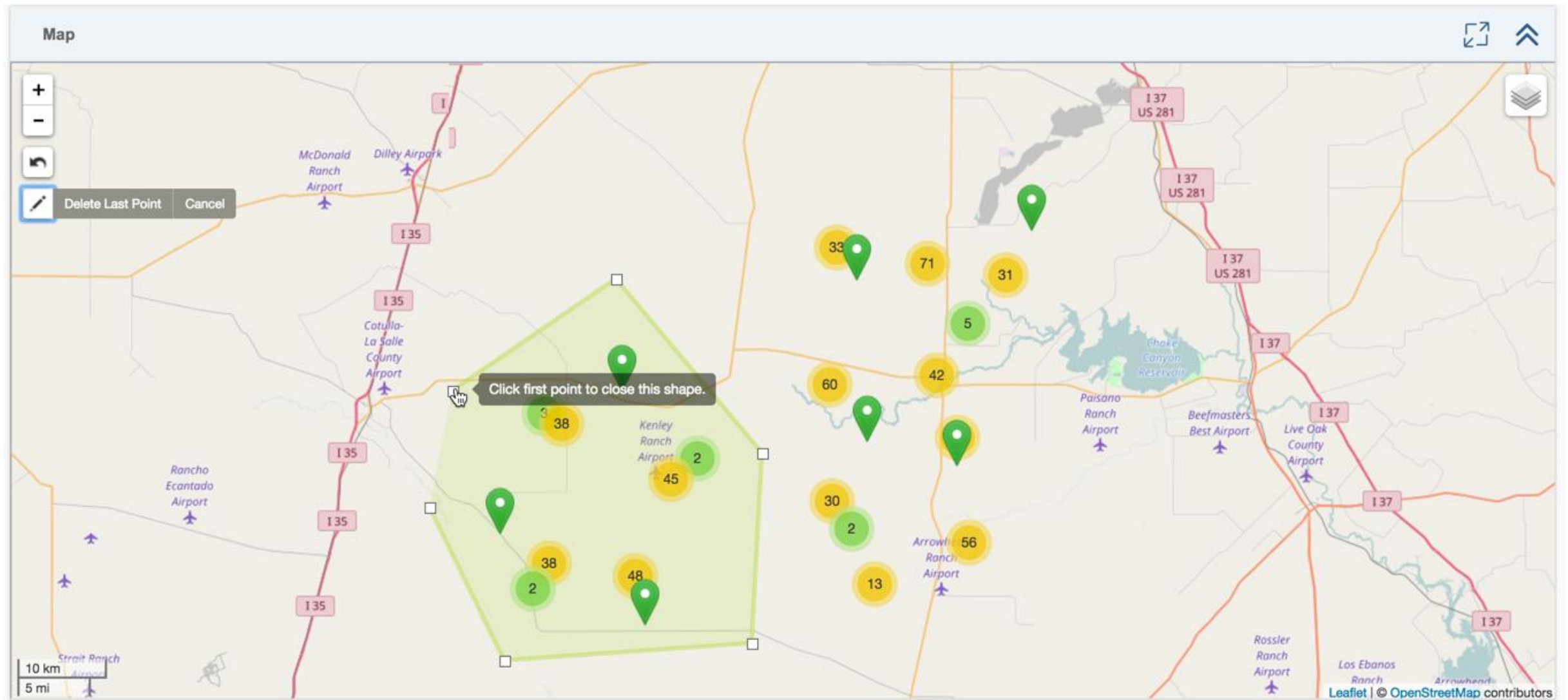
# Поиск оборудования и ранжирование по индексу тех.состояния

Asset Explorer Apply Selection to All Insight Providers

Assets (26)  Clear Filter

Asset Type	Thing ID	Installation Year	Manufacturer	Model	Maximum Flow	Spared	Health Score	Health Status
<input type="checkbox"/>	Pump 00007	2015	Rotator SE	Prime Master	1000	Yes	18	<span style="color: red;">■</span>
<input checked="" type="checkbox"/>	Pump 00601	2015	Rotator SE	200 Series	500	No	61	<span style="color: orange;">■</span>
<input type="checkbox"/>	Pump 00562	2015	Rotator SE	FloRite	400	No	77	<span style="color: green;">■</span>
<input type="checkbox"/>	Pump 00610	2015	Rotator SE	Slurry Flow 9	500	No	77	<span style="color: green;">■</span>
<input type="checkbox"/>	Pump 00583	2015	Rotator SE	HXT	900	No	77	<span style="color: green;">■</span>
<input type="checkbox"/>	Pump 00608	2015	Rotator SE	Model 35	100	Yes	77	<span style="color: green;">■</span>
<input type="checkbox"/>	Pump 00545	2015	Rotator SE	FloRite	700	Yes	77	<span style="color: green;">■</span>
<input type="checkbox"/>	Pump 00611	2015	Rotator SE	Prime Master	1000	Yes	77	<span style="color: green;">■</span>

# Просмотр состояния парка оборудование на карте, фильтрация по гео-области



# Разузлование оборудования, мониторинг состояния

SAP Explorer PDMS\_ADMIN

Scheduled Maintenance

Список оборудования × Карта. Месторождение "Eagle Ford" × 2 - 3D Chart With Animation ×

Поиск  Скрыть строку фи... Фи... Применить

Equipment List (4) Apply as Filter

Equipment Name	Description	Health State > ...	Health State > Healt...	Master D
Насос 00554	Центробежный насос	14	■	200 Seri
Насос 00554 ФНД	Фундамент	97	■	
Насос 00554 ОСН	Основание	94	■	
Насос 00554 КРП	Корпус	87	■	
Насос 00554 ПВЧ	Приводная часть	14	■	
Насос 00554 ПВЧ ПРВ	Привод	96	■	
Насос 00554 ПВЧ РДК	Редуктор	83	■	
Насос 00554 ПВЧ КНТ	Контроллер	82	■	
Насос 00554 ПВЧ ПВЛ	Приводной вал	80	■	
Насос 00554 ПВЧ МФТ	Муфта	98	■	

SAP Details PDMS\_ADMIN

## Насос 00554 Центробежный насос (Centrifugal Pump - EXT-Pump-00554)

Create Work Activity ...

Manufacturer: Pumps Ltd Maximum Flow: 500 Serial Number: SN-868969  
Model: 200 Series Maximum Head: 200 Spared?: No  
Installation Year: 2010 Maximum Pressure Rating: 40  
Maximum Temperature Rating: 350

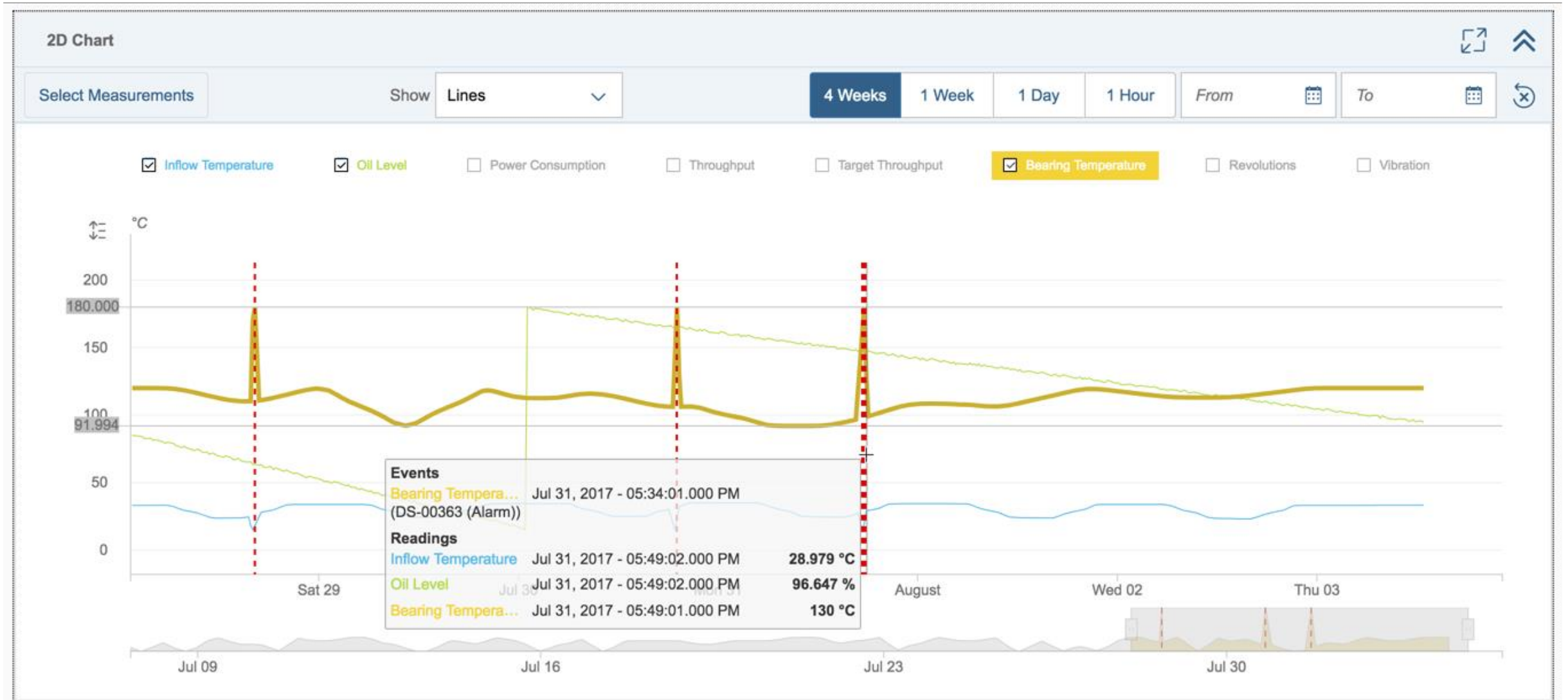
2d Variant 1 × Alerts - Core Attributes × Work Activities - Core Attributes × Key Figures ×

Select Measurement: 4 Weeks 1 Week 1 Day 1 Hour From To

Inflow Temperature  Oil Level  Bearing Temperature

Measurement	Time	Value
Inflow Temperature	сент. 26, 2017 - 11:53:13.000	33,193 °C
Oil Level	сент. 26, 2017 - 12:08:13.000	90,175 %
Bearing Temperature	сент. 26, 2017 - 11:53:11.000	119,999 °C

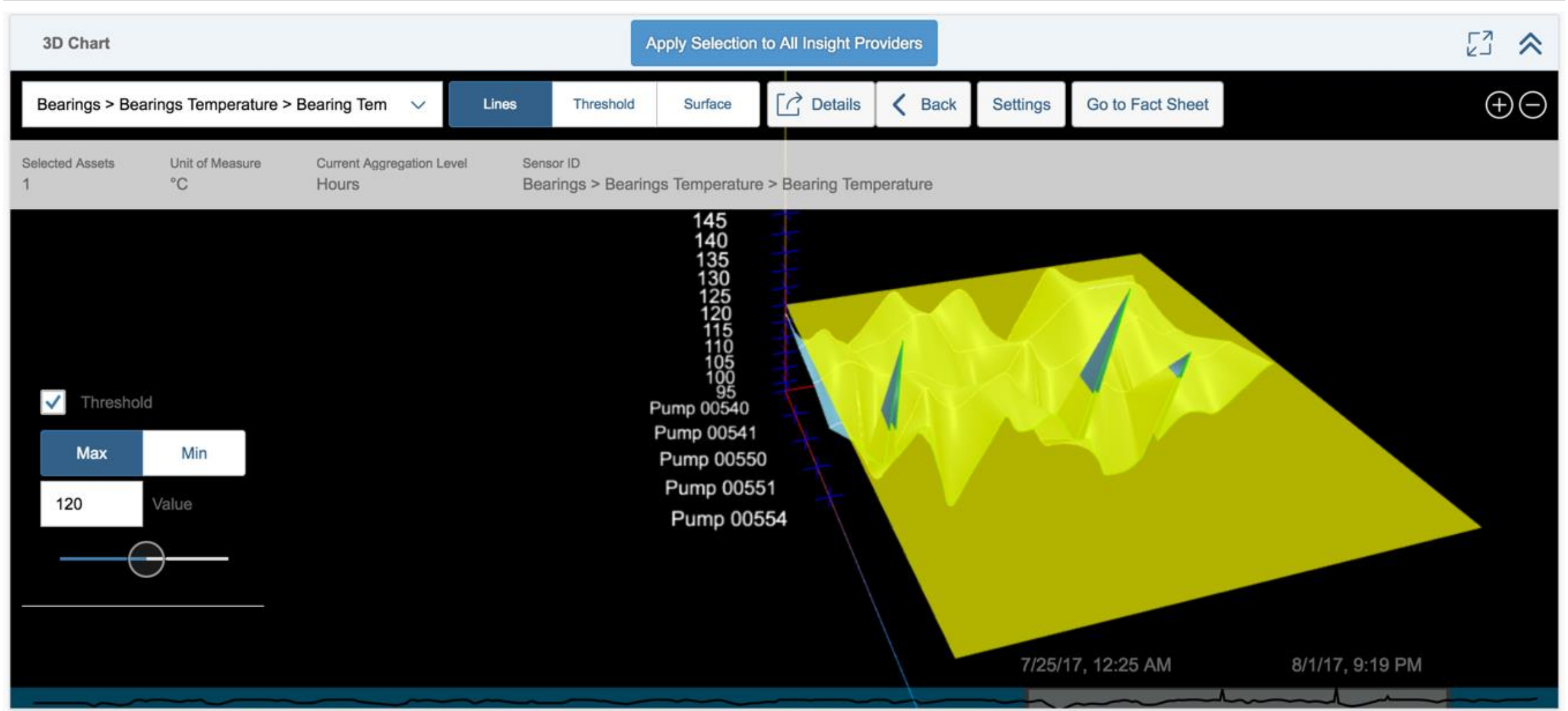
# Генерация предупреждений на основе правил





# Анализ отклонений по измерениям нескольких насосов

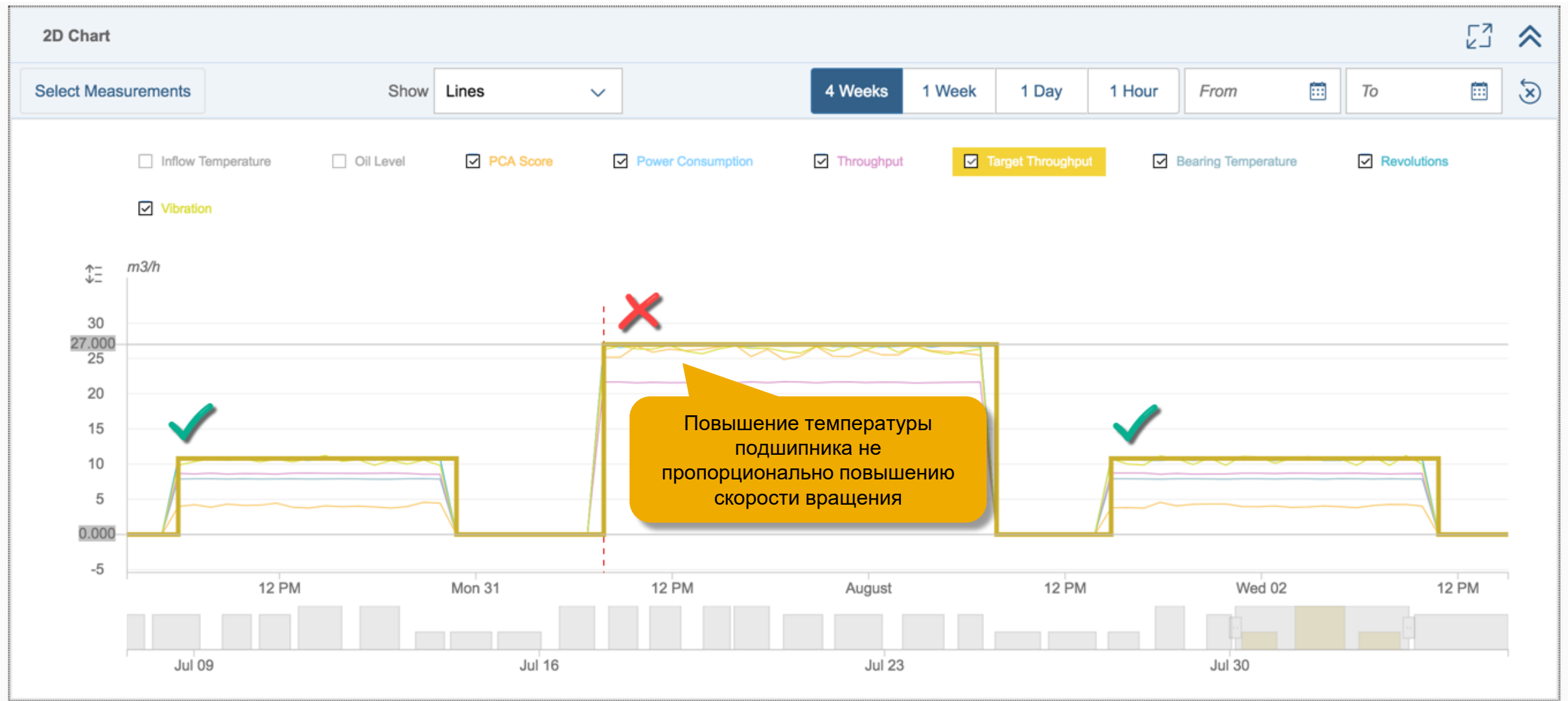
Задано пороговое значение 120



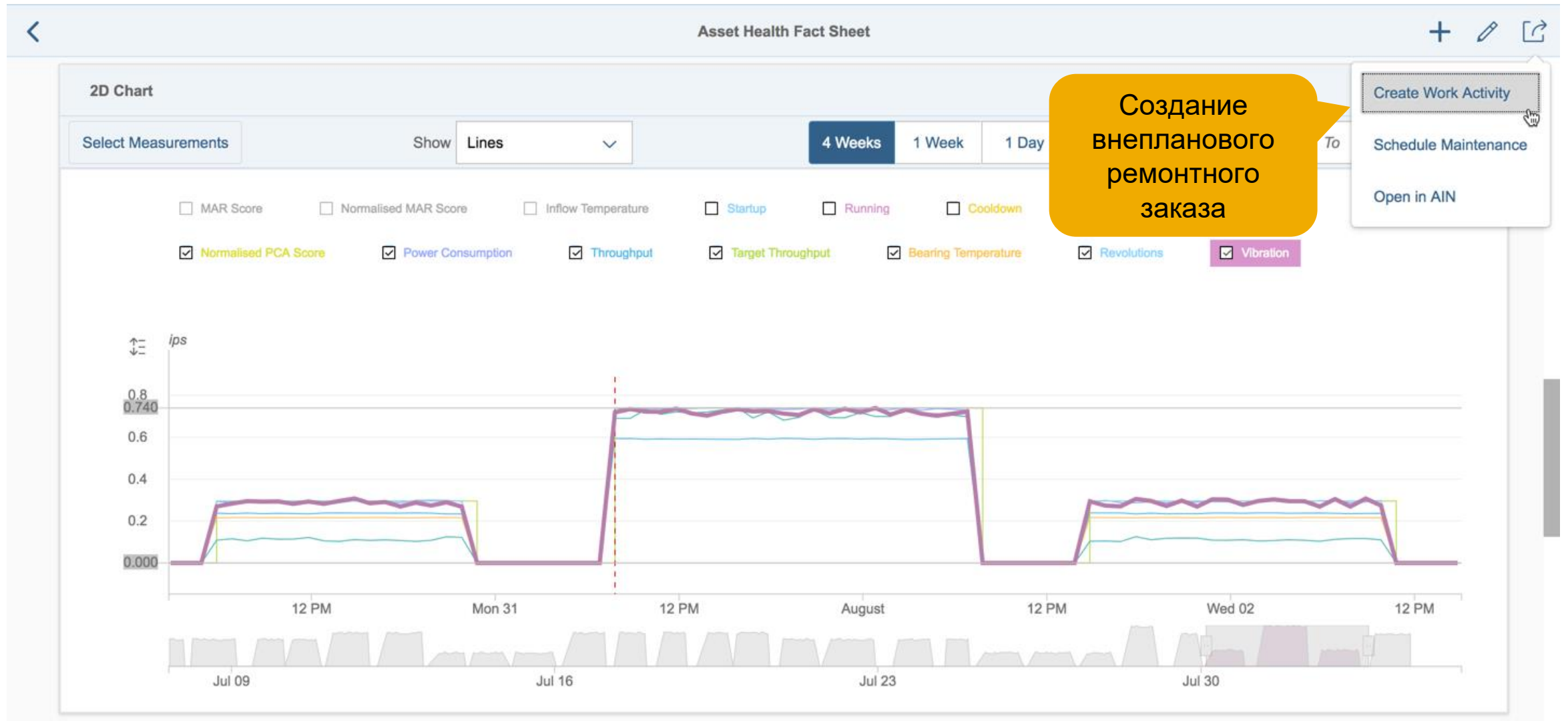


# Генерация предупреждений на основе машинного обучения

## Модель PCA



# Создание внепланового ремонтного заказа





# Инновационное техобслуживание на примере железных дорог

# Краткие сведения о Trenitalia



Полностью принадлежит FS Group, 100% управление министерством финансов

Персонал            31 082 сотрудника

Парк  
1580 локомотивов  
112 EMU (электropоездов)  
1547 MU (легкие поезда)  
25 896 пассажирских и грузовых вагонов  
498 маневровых локомотивов

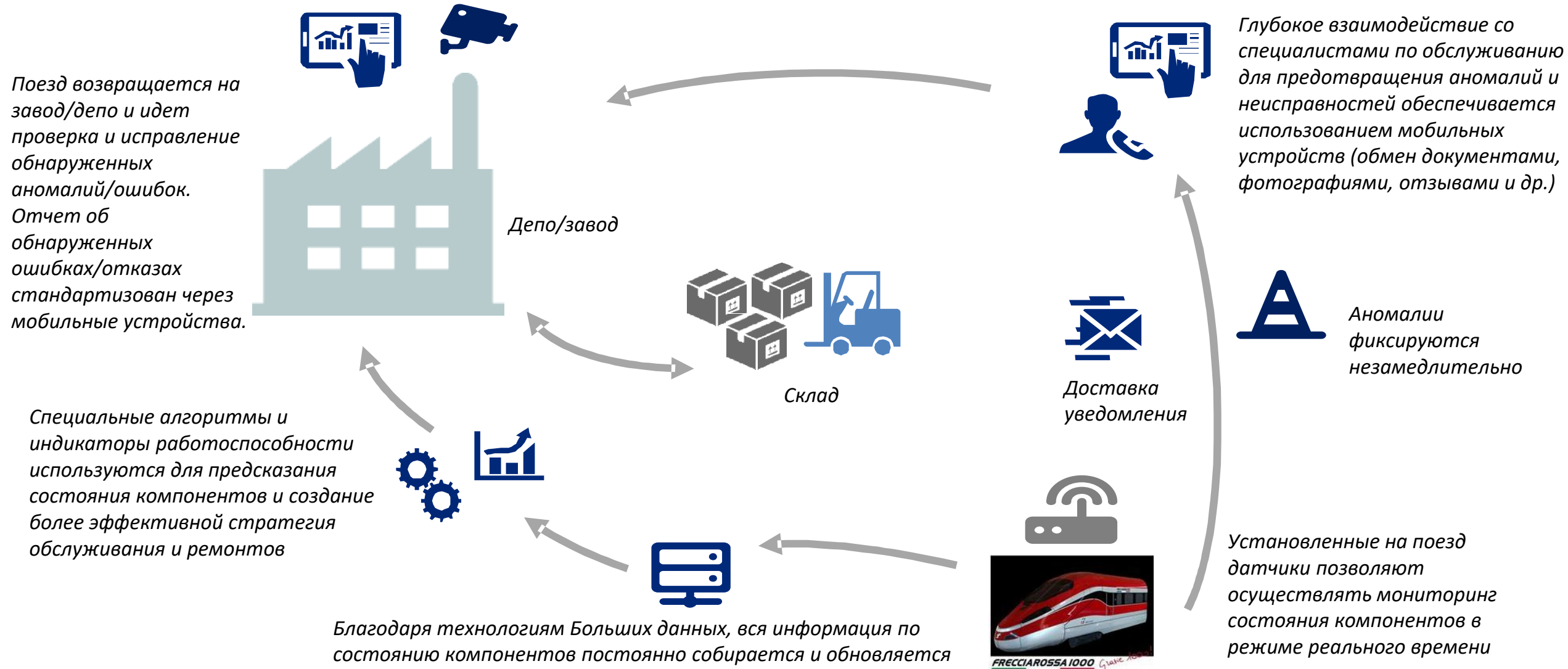
Пассажиропоток            38,6 млрд пассажиров / км ежегодно

Грузопоток            14,7 млрд тонн / км ежегодно

Поезда            7263 / день

Доход            5,577 млрд евро

# Управление динамическим обслуживанием поездов в Trenitalia





# Непрерывный поток данных

Сотни датчиков установлены на критические компоненты

В среднем состав состоит из сотен компонентов, которые выходят из строя каждый день и которые необходимо постоянно контролировать, чтобы обеспечивать безопасность и требуемый уровень сервиса. Trenitalia планирует завершить установку всех необходимых датчиков в течение нескольких лет.



Сигнал



Телеметрия

Прогнозная аналитика



КПЭ

№ сигналов на поезд

№ данных в год

№ подвижного состава



5 000 событий/сек



700 TB/год



4 000

# Система динамического управления ТОРО

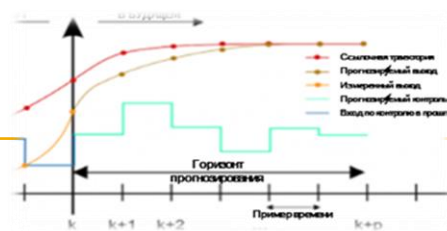
## Удаленный мониторинг



## Динамическое планирование



## Действия и оповещения



Механизмы  
аналитики  
*Обучение и  
выполнение*

Правила  
разработки

Индикаторы  
работоспособности

Оценка  
пробега

Обнаружение  
отклонений

...

Выполнение  
технического  
обслуживания

Сигналы и  
события

Подключенные  
поезда

Диагностика и  
осмотры на базе  
обслуживания

Другие источники  
данных (например,  
погода)

Система  
управления  
подвижным  
составом



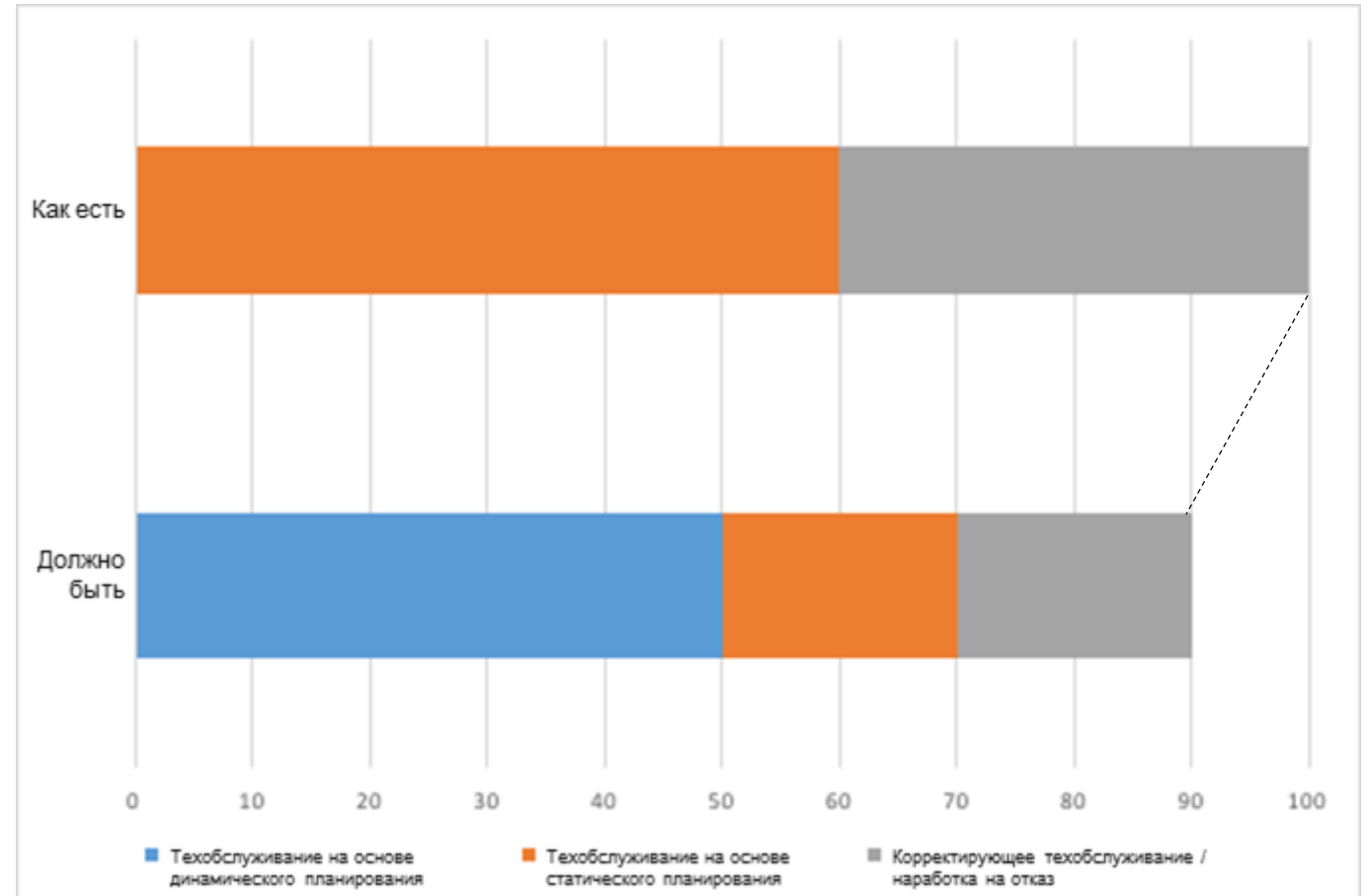
# Трансформация мероприятий техобслуживания

Снижение  
операционных  
затрат

- Исключение лишних действий
- Заблаговременное и точное планирование любого вмешательства, что гарантирует доступность запчастей, производственных площадок, инструментов и обученного персонала

Сокращение  
внеплановых  
простоев

- Предотвращение поломок поездов в процессе эксплуатации
- Предотвращение длительного простоя при техобслуживании из-за непредвиденных работ





# Преимущества, создаваемые системой DMMS

Выполняйте ВСЕ необходимые операции, и ТОЛЬКО необходимые операции, в НАДЛЕЖАЩЕЕ ВРЕМЯ, обеспечив наличие НЕОБХОДИМЫХ РЕСУРСОВ

Область	База	Преимущество	Годовой результат
Затраты на техобслуживание	1,3 млрд евро/год, включая 2-й уровень	<ul style="list-style-type: none"><li>Сокращение ненужного ТО за счет динамического планирования по индикаторам срока службы и состояния оборудования</li></ul>	Экономия от 8 до 10% > примерно 100 млн евро
Инвестированный капитал	Примерно 7,5 млрд евро	<ul style="list-style-type: none"><li>Сокращение временных затрат на техобслуживание</li><li>Сокращение внеплановых простоев</li><li>Сокращение запасов запчастей</li></ul>	Повышение доступности активов на 5–8% – с WACC = 6,5% > примерно 30 млн евро
Стоимость поломок и выхода из строя		<ul style="list-style-type: none"><li>Выплаты бонусов клиентам из-за задержек</li><li>Штрафы по контрактам на обслуживание</li></ul>	От 10 до 20 млн евро Нематериальные, но очень важные, влияние на удовлетворенность клиентов и имидж марки

# Система динамического управления ТОРО

## Механизмы аналитики

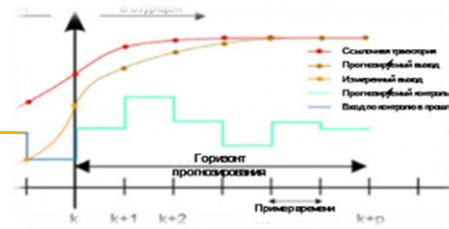
### Удаленный мониторинг



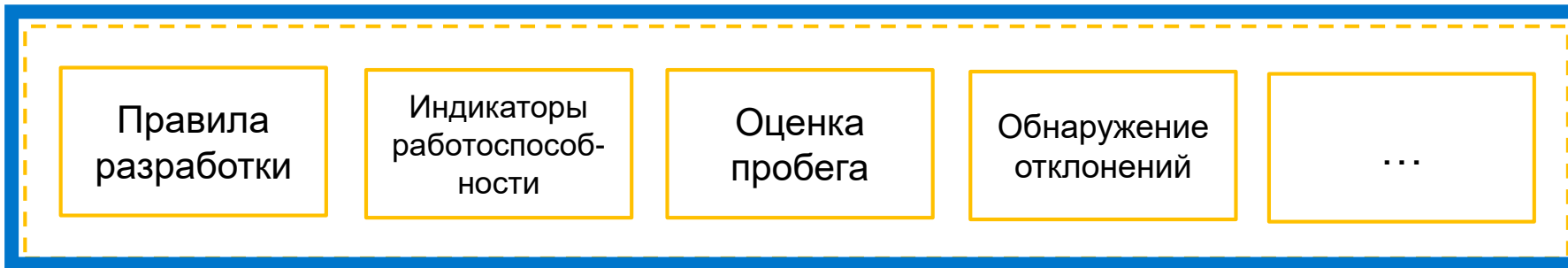
### Динамическое планирование



### ДЕЙСТВИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ

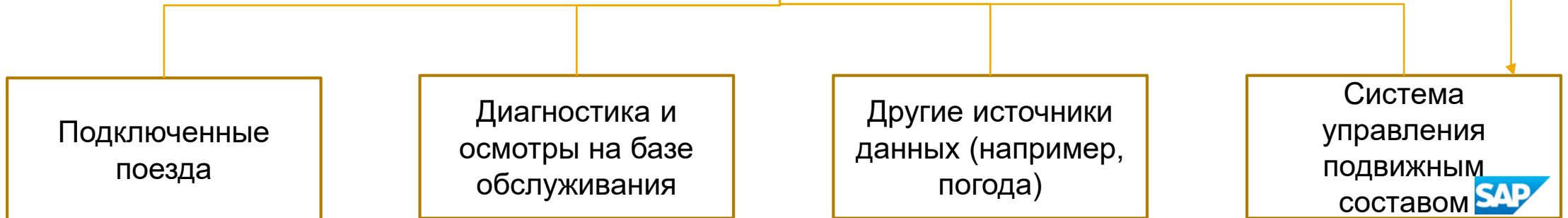


Механизмы аналитики  
Обучение и выполнение



Выполнение  
Технического  
обслуживания

Сигналы и события



# Анализ выявленных отклонений на стрелочных переводах

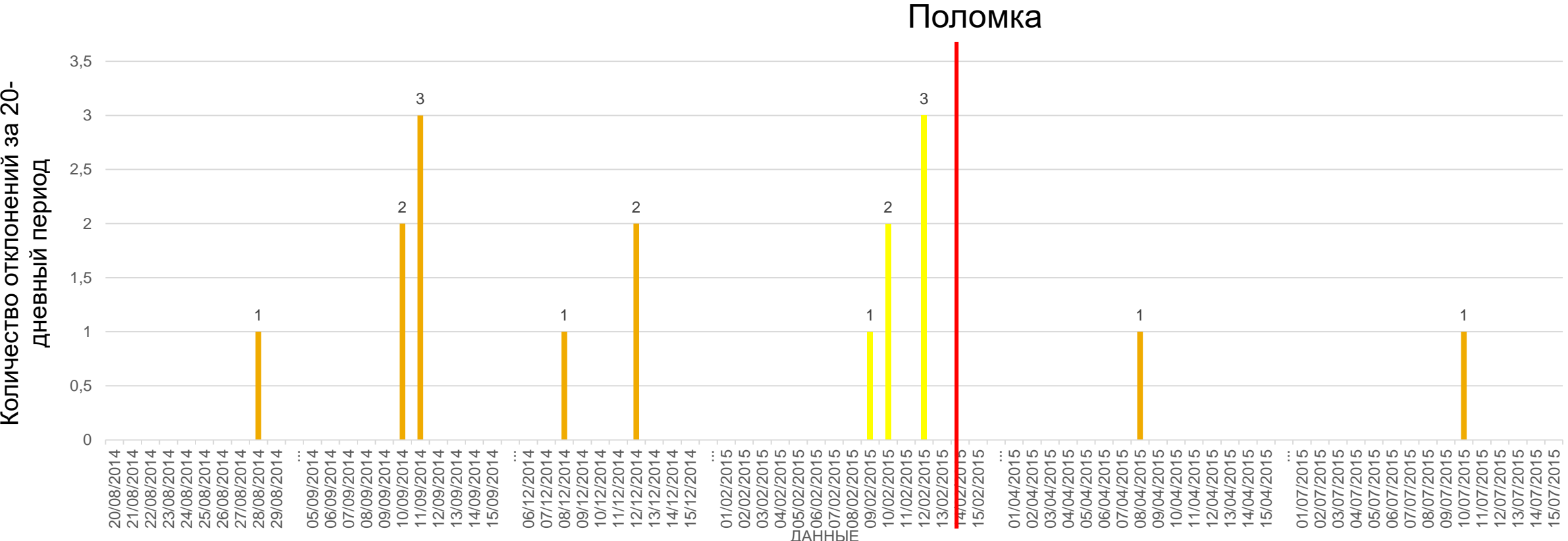


- За период около 17 месяцев было проанализирована работа 19 стрелок
- Диагностическое оборудование регистрирует натяжение и ток при выполнении операций
- За рассматриваемый период произошло всего 11 реальных поломок, что соответствует средней наработке на отказ около 21 000 часов
- Стрелочные переводы проверяются в среднем один раз в месяц

*Данные свидетельствуют о наличии избыточного техобслуживания, обусловленного максимальным приоритетом предупреждения отказов практически любой ценой. Такая ситуация типична для критически важных активов, поломка которых влечет за собой серьезные последствия*

# Анализ стрелки 1

Пороговые значения отклонений, определенные как сочетание тяжести и количества случаев за учетный период и корректируемые для соответствия нарушениям и распространенности поломок, по крайней мере в плане порядка величин



# Результаты анализа выявленных отклонений на стрелочных переводах

		Predicted		
		YES	NO	
Actual	YES	5	6	<b>11</b>
	NO	69	1276	<b>1345</b>
		<b>74</b>	<b>1282</b>	<b>1356</b>

Accuracy	94%	$(TP + TN) / Total$
Misclassification	6%	$(FP + FN) / Total$
True Positive Rate	45%	$TP / Actual\ Yes - AKA\ Sensitivity / Recall$
False Positive Rate	5%	$FP / Actual\ No$
Specificity	95%	$TN / Actual\ No$
Precision	7%	$TP / Predicted\ Yes$
Prevalence	0,8%	$Actual\ Yes / Total$
Negative Predictive Value	99,53%	$TN / Predicted\ No$

- 5 из 11 поломок были спрогнозированы с помощью алгоритма за несколько дней до происшествия
  - 6 поломок не были спрогнозированы, предположительными причинами могут быть следующие: примерно половину можно было бы идентифицировать с помощью диагностического оборудования более высокого уровня, а половина не поддается анализу с точки зрения обработки данных
  - Было также сгенерировано 69 ложных результатов
- Очень высокая точность и специфичность
- Очень низкая точность
- Распространенность (количество недель, когда возникала неисправность / общее количество проанализированных недель) ниже 1%

Данные анализируются по динамическим рядам, но представляются



# Преобразование аналитических данных в действия и результаты

Из-за низкой точности техобслуживание по состоянию / профилактическое техобслуживание имеет тенденцию быть дополнительными стратегиями, которые следует сочетать с существующими подходами – это позволяет резко увеличить эффективность бизнеса (баланс рисков и затрат)

Политика обслуживания «как есть»	
Стоимость посещения	1
Штраф за поломку	20
Поломок за период	11
Существующие затраты за 17 месяцев	535



Новая политика с выявлением отклонений	
Частота посещений для стрелочных переводов без отклонений	1,5 месяца
Стоимость экстренных посещений	2
Поломок за период	8
Будущие затраты за 17 месяцев	444

- Существенное снижение числа поломок, для начала примерно 30%, с возможностью увеличения этого показателя при использовании диагностического оборудования более высокого уровня и последующих версий алгоритмов обработки и анализа данных
- Значительное повышение общей эффективности системы техобслуживания, потенциальная экономия превышает 15% инвестированных ресурсов, дальнейшие возможности необходимо анализировать

# Оценка состояния на основе пробега

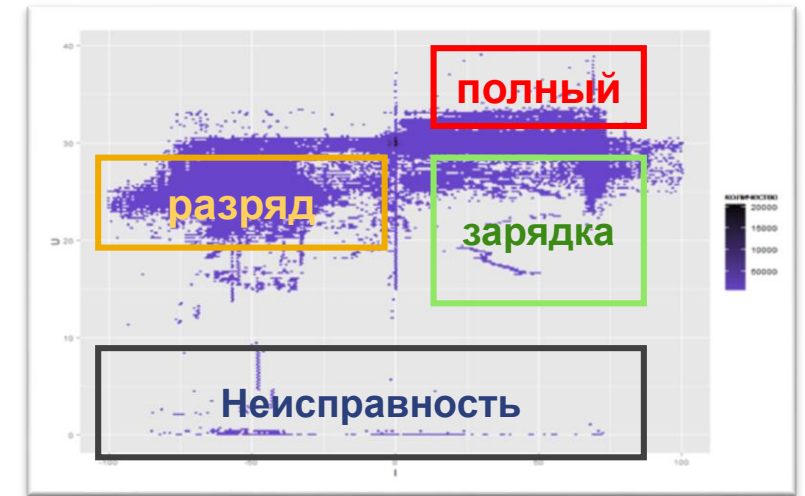
**Проблема:** существует тенденция излишнего техобслуживания компонентов критически важных активов, которые в случае поломки могут вызвать внеплановые простои, независимо от их фактического состояния

## Решение:

1. Сбор и подготовка данных: получить данные от датчиков оборудования из хранилища динамических рядов и подготовить их.
2. Изучение модели и оценка новых данных: вычислить пробег каждого компонента в сравнении с эталонным компонентом, используя *пробег каждого локомотива* (алгоритм «ленивый ученик») и сохранить пробеги в хранилище динамических рядов.
3. Сравнивая текущие значения данных от датчиков определенного элемента для определенного момента времени (текущее состояние) с примерами предварительно определенных эталонных состояний (например, батарея полностью заряжена, заряжается, разряжается и т. п.), можно рассчитать значение, которое будет представлять собой тенденцию в направлении одного из этих предварительно заданных эталонных состояний. Это поможет получать точную интерпретацию текущего состояния элемента.
4. Благодаря идентифицированному состоянию может быть предложено и автоматически инициировано определенное действие.
5. Компоненты в приложении упорядочены по пробегу.

## Преимущества:

Заблаговременное выявление неисправных компонентов с целью сокращения простоев.

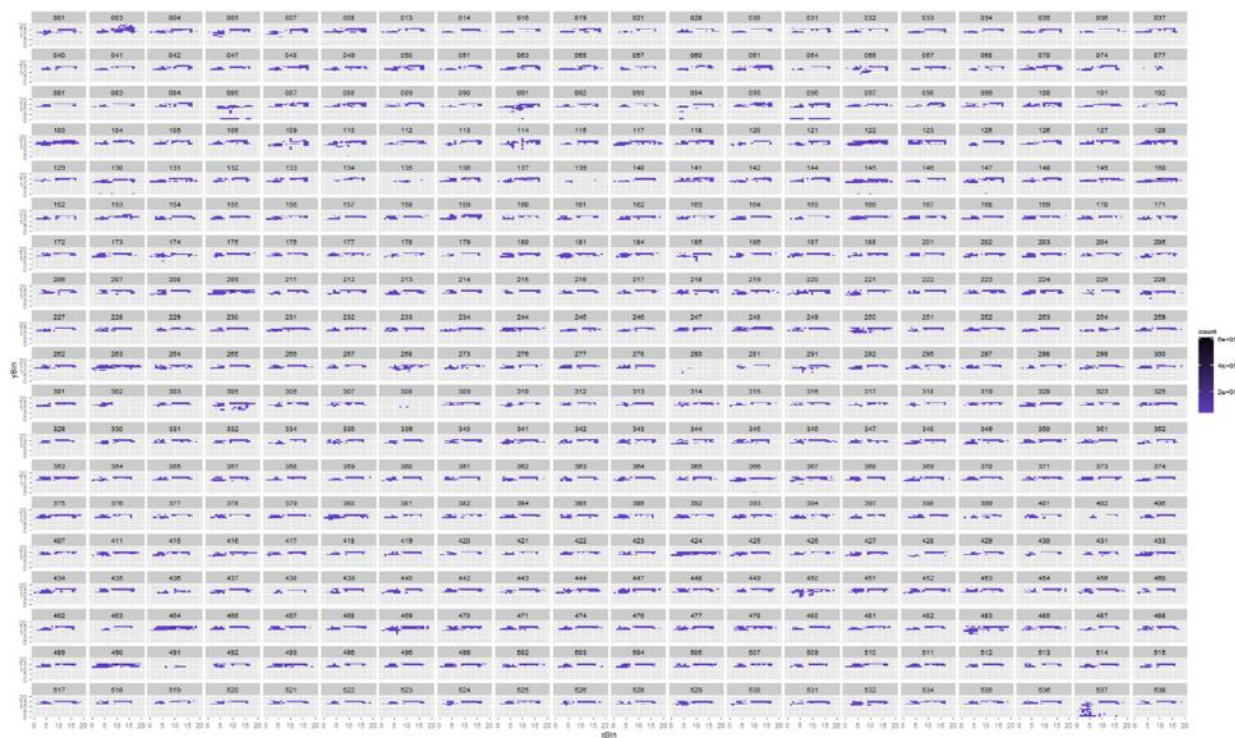


Интерпретация данных от датчика аккумуляторных батарей на основании предварительно определенных эталонных состояний



# Ранжирование пробега среди однородных компонентов

Сплошной автоматический анализ компонентов в сравнении с нормальным поведением для измерения и ранжирования пробега, а также выявления потенциально проблемного оборудования



Рейтинг	Аккумулятор
1	128
2	348
3	133
4	144
5	008
6	181
7	366
8	051
9	336
10	536
...	...
371	103
372	135
373	281
374	463
375	096
376	109
377	086
378	139
379	308
380	280

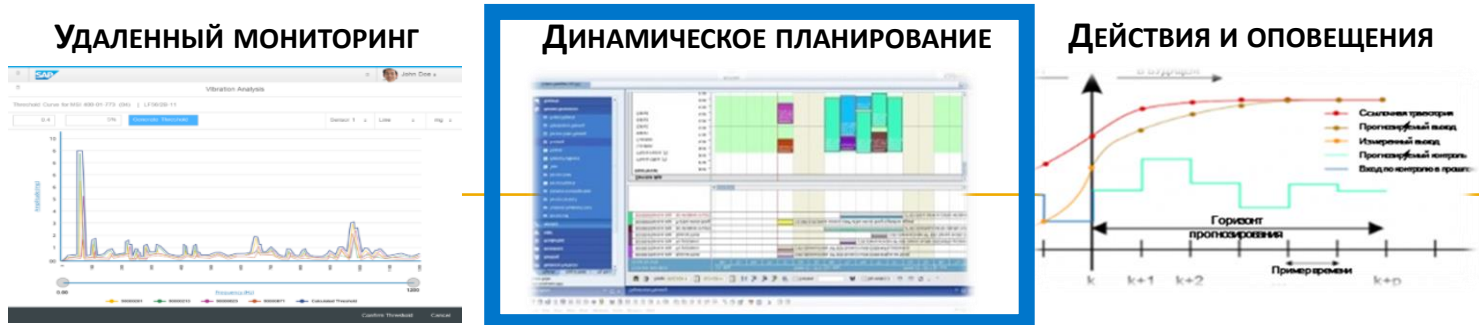
Осуществляется дифференциация политик обслуживания по разным участкам ранжирования (например: не выполнять никаких профилактических операций с аккумуляторами в первых 50% списка)

*Очень существенная прогнозируемая экономия на затратах на техобслуживание без повышения количества поломок (частично уже подтверждено фактическими результатами)*

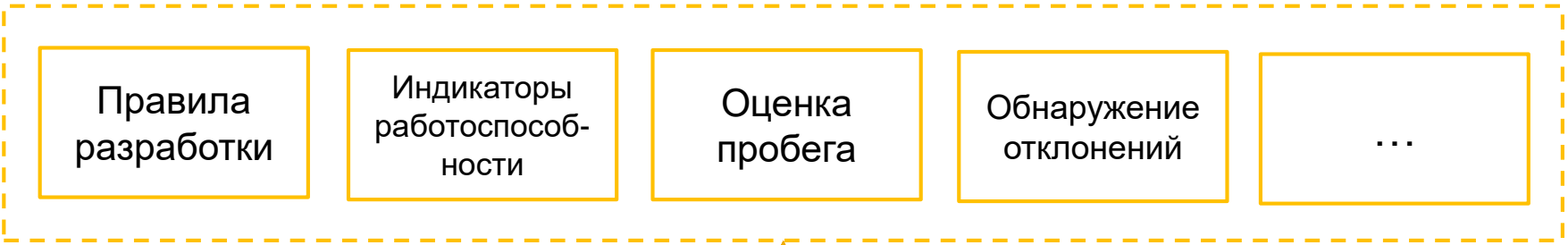


# Система динамического управления ТОРО

## Механизмы динамического планирования

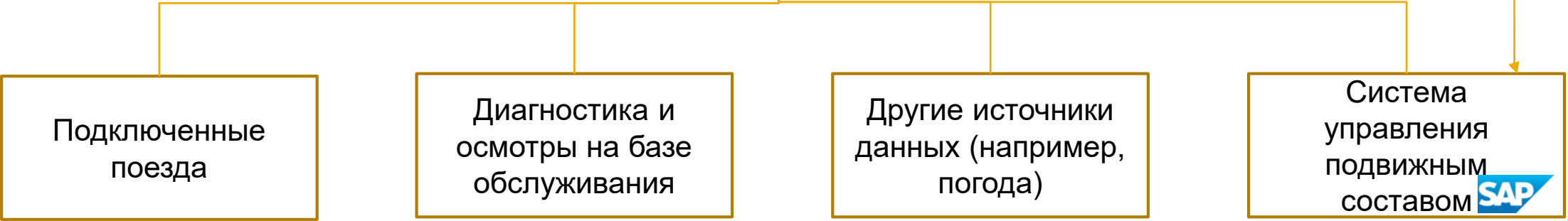


Механизмы аналитики  
*Обучение и выполнение*



Выполнение  
Технического обслуживания

Сигналы и события



# Стандартный подход к планированию техобслуживания

Операции планового техобслуживания в настоящее время выполняются на основании заранее составленных планов, которые зачастую предоставляются поставщиком материалов, в основном исходя из пробега и/или времени



Использовать очень просто, но...  
*не учитывает реальные факторы, обуславливающие износ различных компонентов (например, количество циклов открывания/закрывания дверей), которые разнятся и плохо коррелируют с пробегом и временем*

*Эти планы зачастую очень неэффективны и генерируют большие объемы техобслуживания, которые не особенно нужны*

# Индикаторы состояния в действии: тормозная система

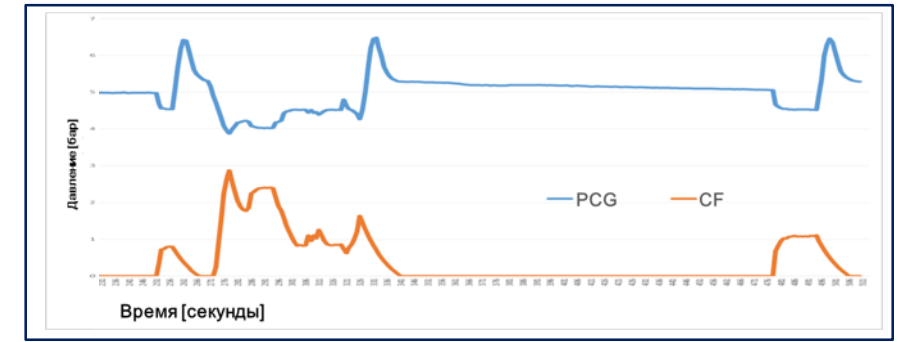
## Цель и подход

- Вычисление индикатора → **рассеивания энергии** фрикционными тормозными системами, с отдельным анализом по локомотивам и вагонам
- Разработка и испытание алгоритмов расчета для всех возможных выявленных случаев

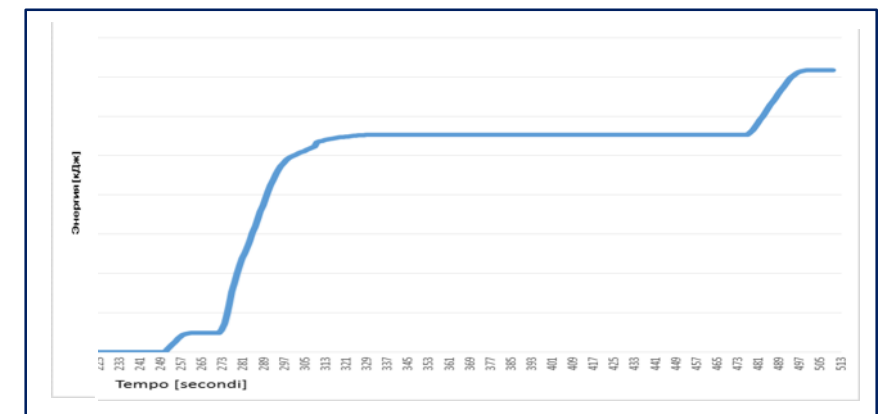
## Достигнутые результаты

- Мониторинг эффективного использования и степени износа каждого компонента тормозной системы в сравнении с определенными пороговыми значениями

Давление в тормозной системе



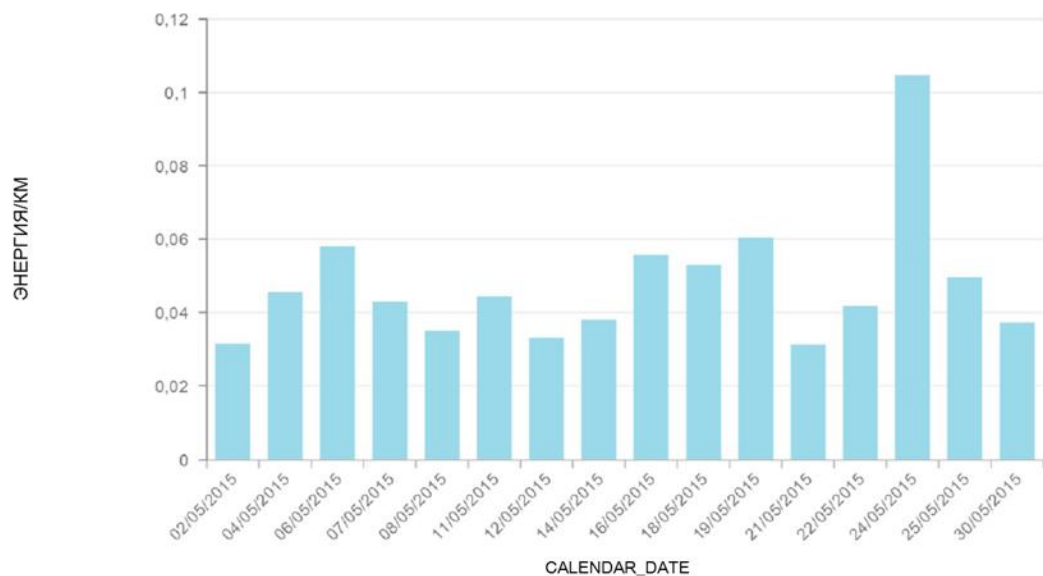
Рассеивание энергии фрикционными тормозными системами



# Индикаторы состояния в действии: тормозная система

MATERIAL_ID	CALENDAR_DATE	УБЫТИЕ	ПРИБЫТИЕ	Измерения		
				ЭНЕРГИЯ/КМ	КМ	ЭНЕРГИЯ
E464003	02/05/2015			0,03	92.597,35	2.912,53
	04/05/2015			0,05	92.839,25	4.221,51
	06/05/2015			0,06	92.713,60	5.382,53
	07/05/2015			0,04	93.789,17	4.022,59

ЭНЕРГИЯ/КМ по признаку CALENDAR\_DATE



COMPONENT\_ID

• E464003

MATERIAL\_ID

• E464003

BRAKE\_PAD\_ID

• P-0002-02

УБЫТИЕ

• ЦЕНТРАЛЬНАЯ  
КАТАНИЯ

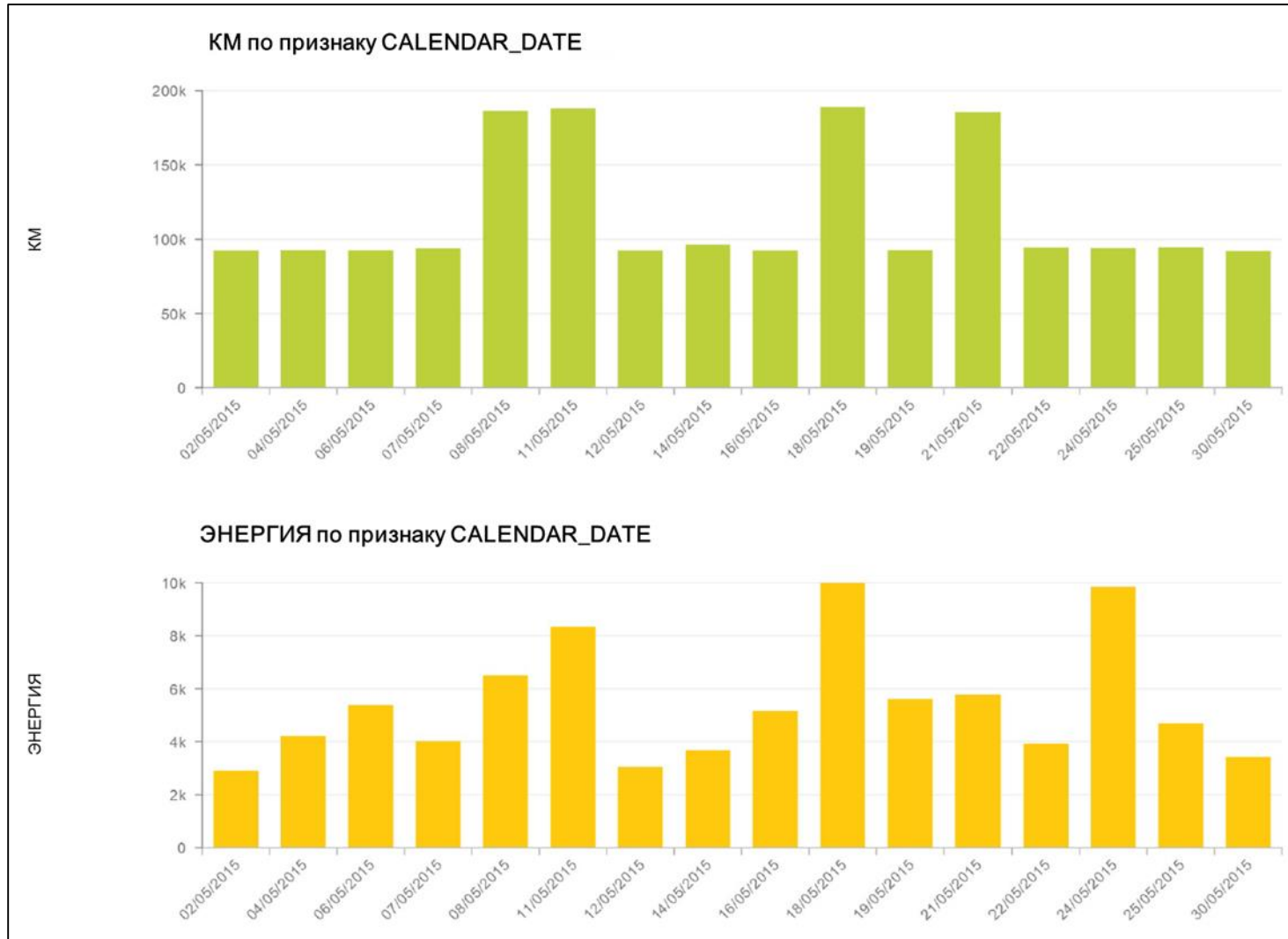
ПРИБЫТИЕ

• МЕССИНА ЦЕНТ.

- Высокая вариативность рассеивания энергии на километр четко показывает, что пробег не является хорошим показателем износа тормозных систем
- Сравнение традиционных индикаторов, таких как километры, и более точных показателей состояния дает значительные возможности для оптимизации операций технического обслуживания



# Индикаторы состояния в действии: тормозная система

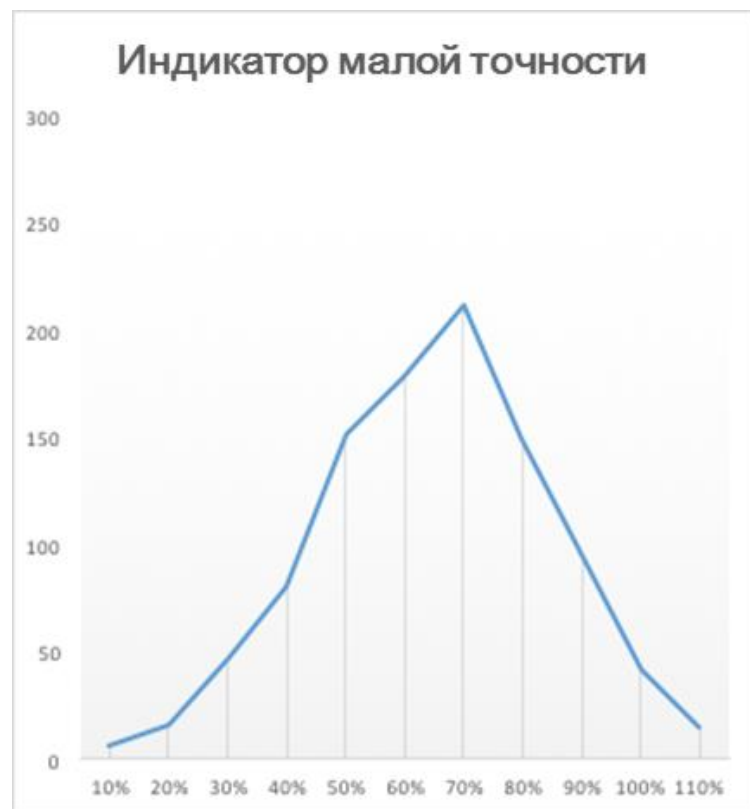


- Высокая вариативность рассеивания энергии на километр четко показывает, что пробег не является хорошим показателем износа тормозных систем
- Сравнение традиционных индикаторов, таких как километры, и более точных показателей состояния дает значительные возможности для оптимизации операций технического обслуживания



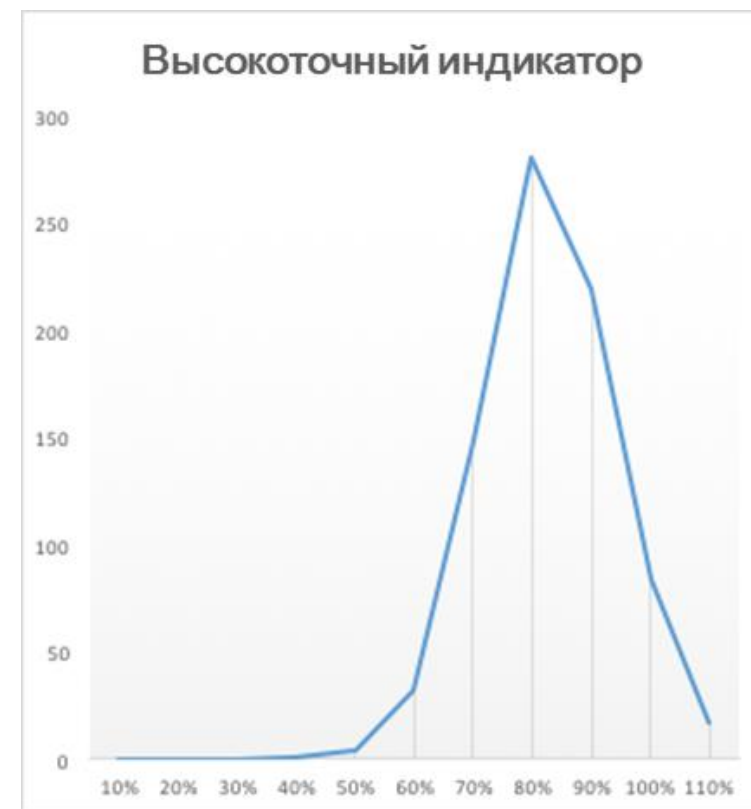
# Хороший индикатор может изменить ситуацию!

Измерение фактического износа компонентов во время обслуживания



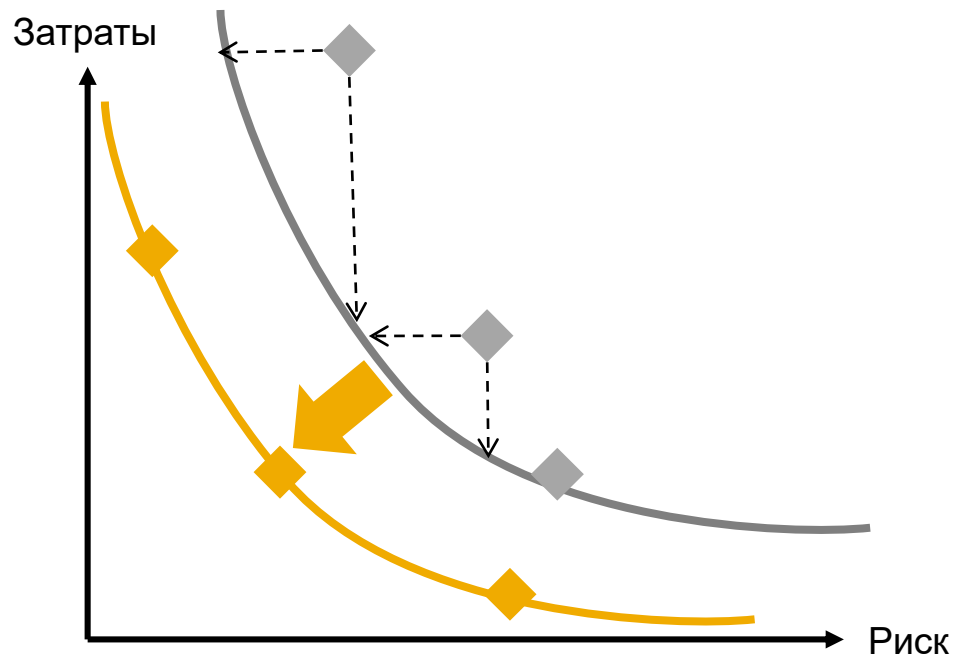
Средний износ	65%
Стандартное отклонение	20%
Число операций	1000

Переход от индикаторов малой точности (например, пробег) к высокоточным индикаторам (например, рассеивание энергии) позволяет обслуживать детали по мере их износа. Два проиллюстрированных здесь решения имеют одинаковую ценность для техобслуживания и демонстрируют **огромные возможности для экономии без снижения безопасности и надежности активов**



Средний износ	83%
Стандартное отклонение	11%
Число операций	788
<b>Экономия</b>	<b>21%</b>

# Преобразование правил игры в операциях техобслуживания



Определение политик техобслуживания можно рассматривать как управление **напряженностью и компромиссами между затратами и рисками**. Большая часть усилий в сфере повышения эффективности направлена на достижение правильного баланса

Инновации в обслуживании на основе Интернета вещей предоставляют возможность **структурного преобразования системы и достижения нового уровня равновесия между затратами и рисками**

# Примеры проектов







# Компания 1

Прогноз качества готовой продукции на машине непрерывного литья заготовок



# Пилотная зона

- Основная продукция МНЛЗ: слябы
- 25% подвергается анализу
- 300 параметров на каждый сляб

**Имеются исторические данные за 1 год (06-2014 – 06-2015):**

- 20 000 слябы были проверены лабораторией
- 1700 имели продольные дефекты (8,7%)
- 440 слябов имели краевые и поперечные дефекты (2,2%)

## Задача

На основе имеющихся данные создать модель предсказывающую:

- Вероятность возникновения дефекта
- Определить конкретный сляб с дефектом



# Результаты

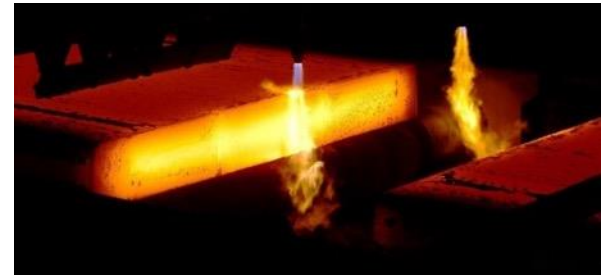
## Бизнес результаты

На 25% снижено время, необходимое для анализа качества ГП

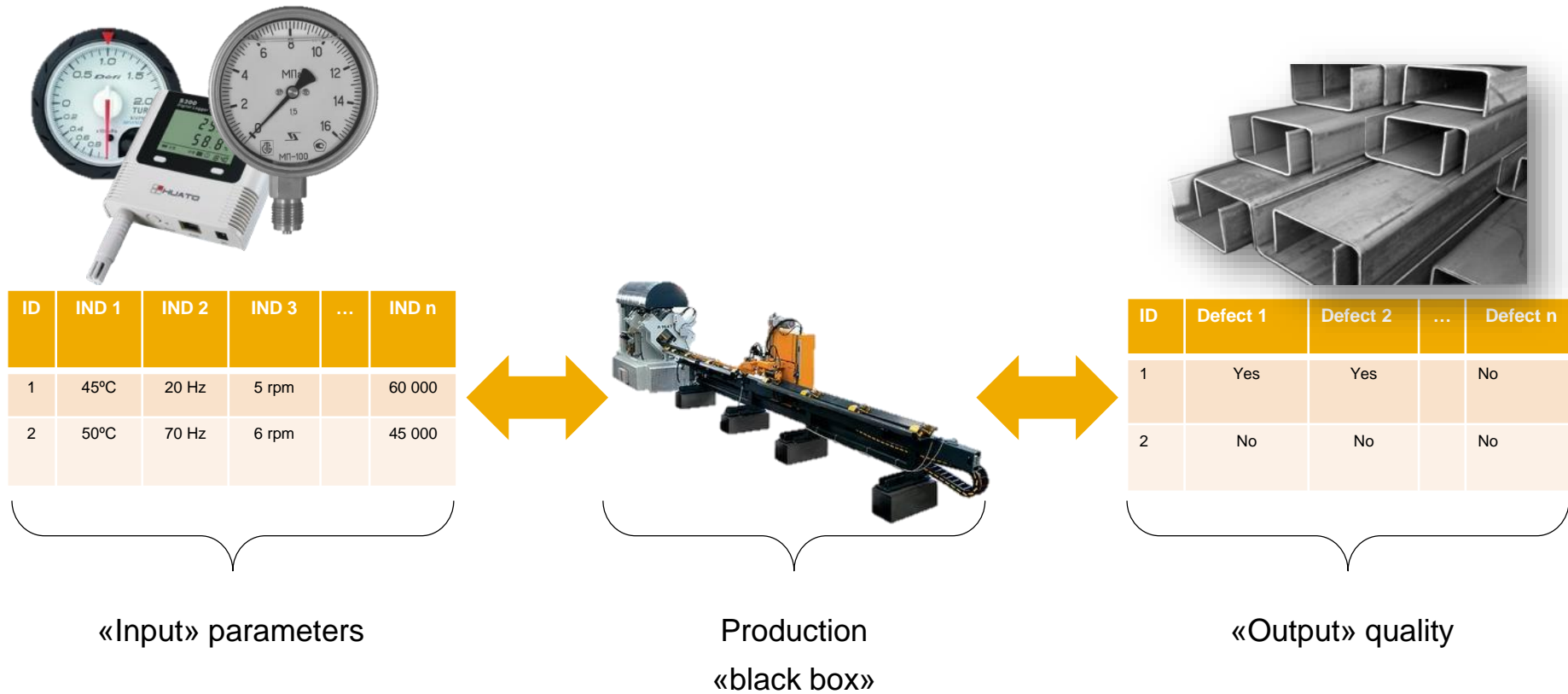
Возможность на 80% снизить необходимые действия лаборатории для определения 95% дефектов

## Решение содержало:

- Предиктивную модель, созданную в SAP Predictive Analytics
- АРМ Оператора с необходимой аналитикой
- АРМ технологов, содержащий лист слябов для проверки  
(с наибольшей вероятностью возникновения дефектов)



# Подход к прогнозированию







# Компания 2

## Австрийский завод по производству бумаги близ города Гратц

- Предмет пилота – бумагоделательная машина – сушильная часть
- Основная продукция – бумага и картон
- Время пилота – 1 неделя (от момента получения данных)
- Время первого этапа проекта – 3 месяца (интеграция датчиков в систему, обучение специалистов компании, имплементация модели в реальное производство)
- Команда проекта – 1 консультант SAP Consulting

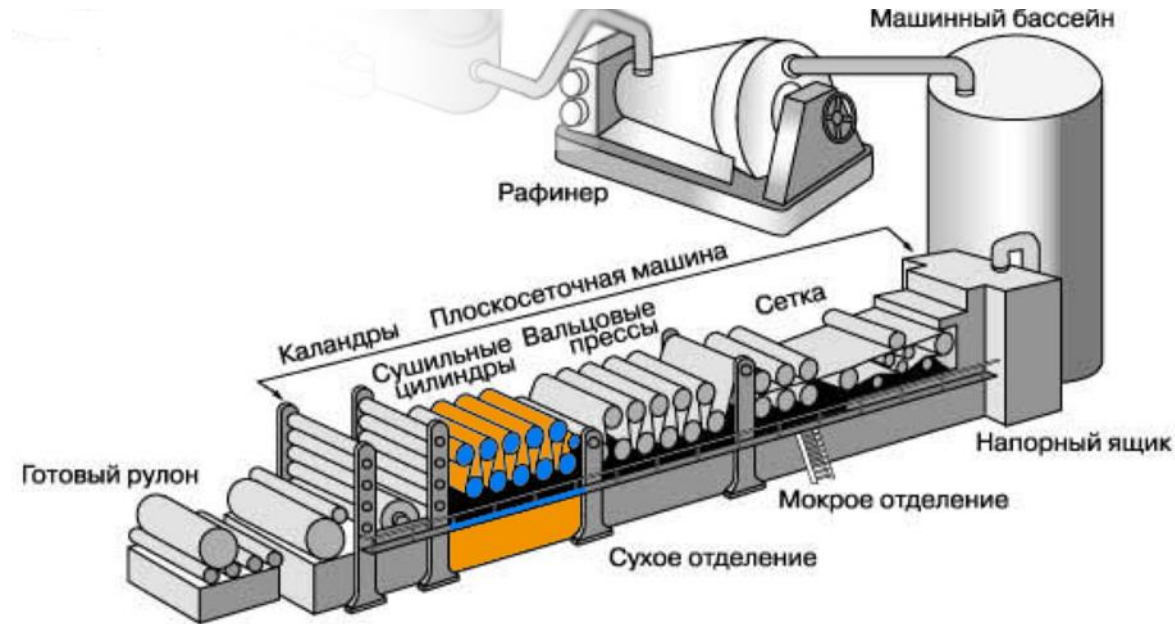
## Сушильная часть бумагоделательной машины

- Машина работает 24 часа 7 дней в неделю 365 дней в году
- Бумажное полотно движется со скорости 1 400 метров в минуту
- 400 раз в год происходит обрыв полотна в сушильной части, это влечет остановку всей линии
- Время устранения обрыва – от 30 минут до нескольких часов, и возможна потеря части партии готового продукта

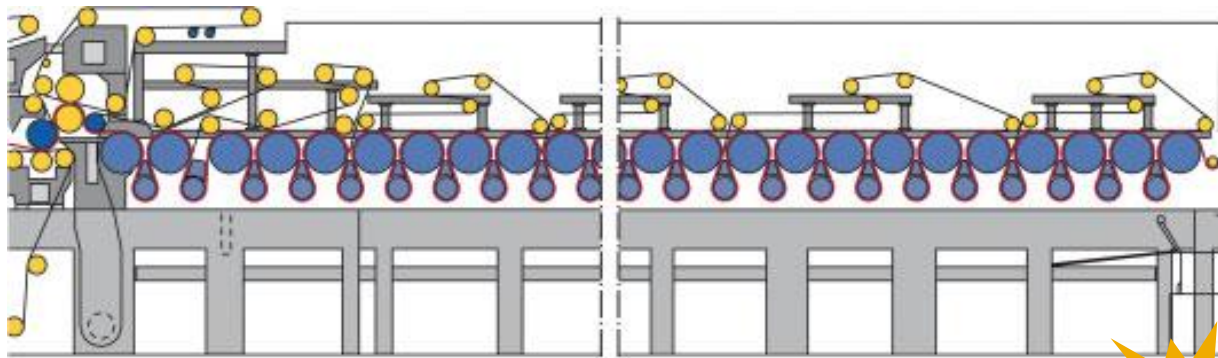
### На входе в пилот

- Данные за 1 год с ~500 датчиков в формате электронной таблицы
- Отсутствует информация о качестве и химическом составе целлюлозы

**Задача – предупредить за 10 минут до обрыва команду инженеров на линии**

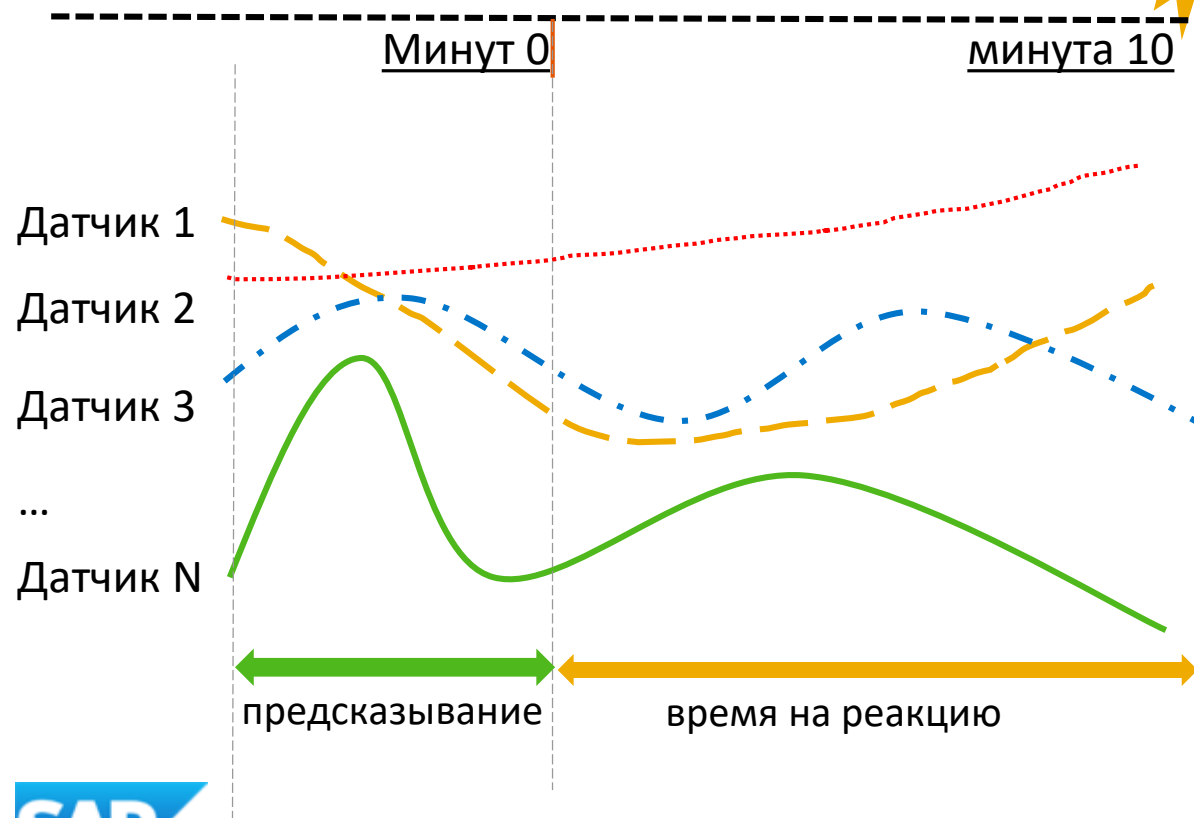






! предупреждение

обрыв



## Модель обрыва полотна

- Для решения задачи обрыва полотна требуется построить модель поведения машины и дать предупреждение за 10 минут до предполагаемого обрыва
- Модель должна выдать предупреждение !, после чего оператор машины сбавляет скорость полотна и дает команду технологом и инженером определить и устранить неисправность
- После устранения неисправностей установка вновь запускается на полную мощность, избегая обрыва полотна

## Сложности при построении модели

- Отсутствие данных о химическом составе и качестве целлюлозы
- Разное время и периоды показаний датчиков – потребовалось привести данные к агрегированному результату с шагом в 1 минуту



**Уменьшение обрывов  
плотна на 50%**



**Уменьшение времени  
простоя на 450 часов в год**

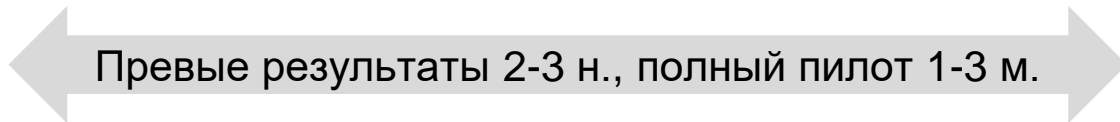


**Данные проекта сразу  
доступны для других задач**

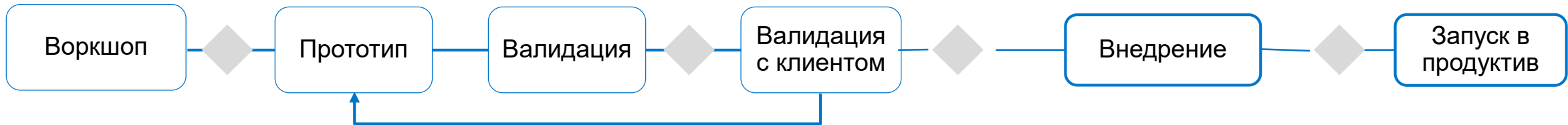
## **Результаты пилотного проекта**

- Удалось снизить количество обрывов бумажного полотна на 50%
- Клиент смог использовать результаты пилота сразу после окончания
- После пилотного проекта и покупки лицензии, клиент распространил практику прогнозирования обрыва на все машины на предприятии
- На втором этапе клиент самостоятельно начал строить модели по прогнозирована качества прогноза конечной продукции и других мест возникновения отказа – команда клиента 1 аналитик

# Ход пилотного проекта и основного проекта



Пуско-наладка



- Выявления проблем и постановка задач
- Верификация гипотез
- Определение состава пилота

- Разработка прототипа (модели)
- Верификация прогнозируемых значений

- Анализ на соответствие требуемых показателей
- Оценка технической возможности применения

- Еженедельная коррекция модели с получением обратной связи
- Прохождение приёмки и проверка критерий успешности

- Стандартное внедрение компонентов SAP для автоматического сбора информации с датчиков
- Обучение специалиста по моделированию

- Поддержка на при старте продуктивна
- Стандартная поддержка SAP
- T&M по запросу клиента

Разработка модели обрыва заняла 1 неделю

Со стороны SAP Consulting все работы выполнял 1 консультант в течении 2-х месяцев





# Компания 3

## Завод по производству бумаги на севере Германии

- Предмет пилота – бумагоделательная машина – выпуск разного типа бумаги
- Время пилота:
  - 3 месяца сбор данных
  - 10 дней построение модели
- Команда пилота:
  - 1 консультант SAP Consulting
  - 2 DataScience со стороны SAP



## Бумагоделательная машина

- Машина работает 24 часа 7 дней в неделю 365 дней в году
- Машина производит разные типы продукции
- Перенастройки машины на новый тип продукции происходят в несколько итераций
- Каждая итерация – 30 минут (15 минут настройка машины группой инженеров + 15 минут тестовый прогон продукции)

- Количество итераций перенастройки требуемое для выхода заданное качество конечной продукции 4 – 5

**Задача: построить прогнозную модель зависимости качественных показателей конечной продукции от настроек машины – сократить количество итераций перенастроек**





# Прогнозирование прогара фурм



# Постановка задачи

---

## Задача

Снизить число прогаров фурм в межсервисный период

## Данные

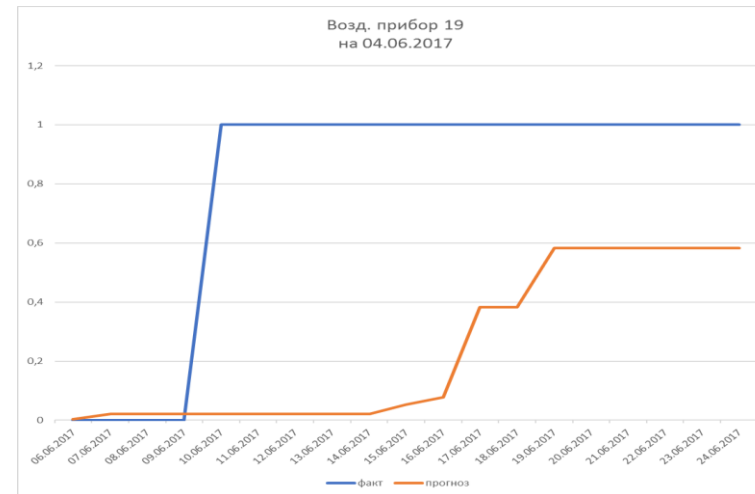
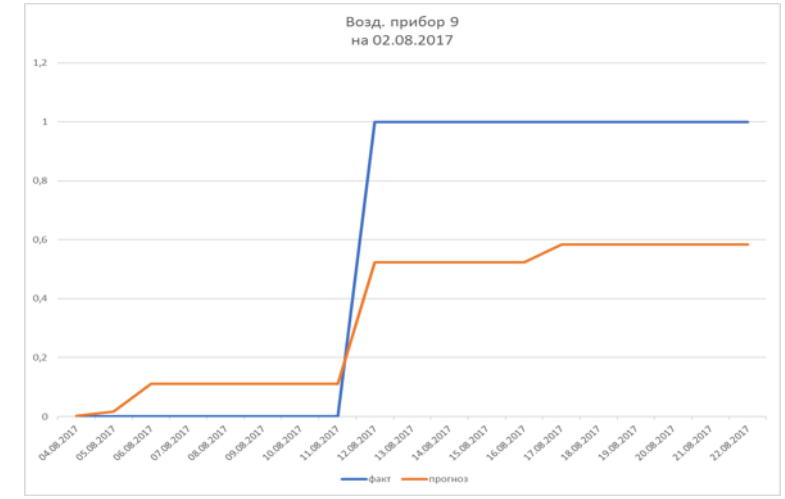
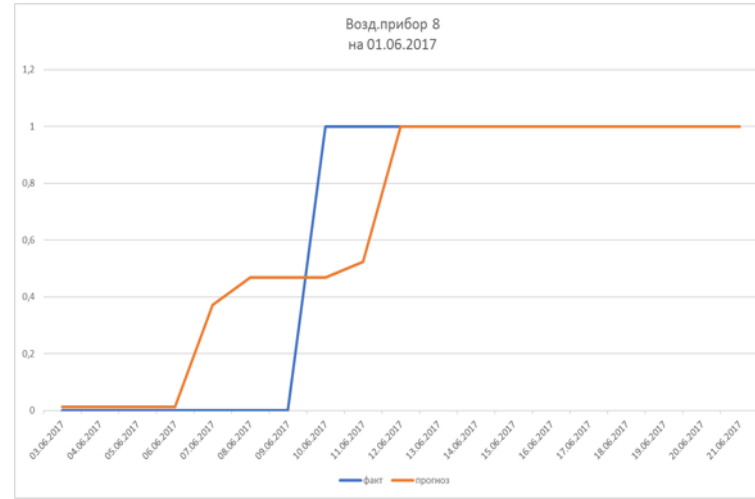
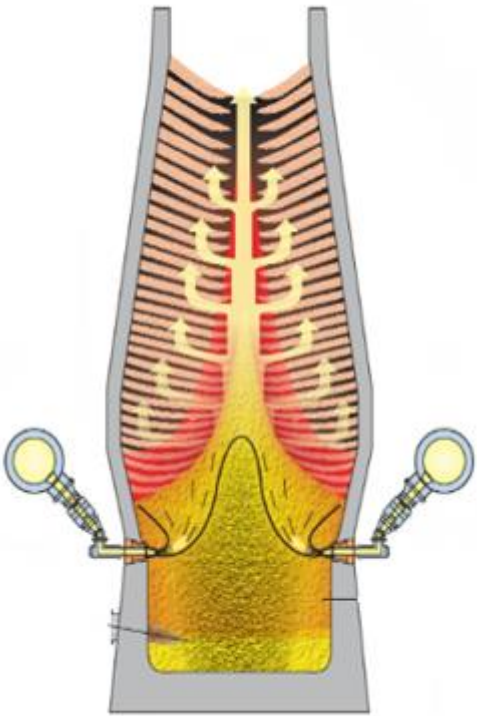
- Показатели температуры для воздушного прибора
- Данные АСУТП печи
- Химия чугуна

## Value

- Прогар фурм в межсервисный период приводит к переводу домны в режим с более низким объемом выпуска чугуна
- Избежание ситуации, когда нужно делать сервис в несервисный период (прогорело несколько фурм)
- Преждевременная замена фурм по нормам стойкости

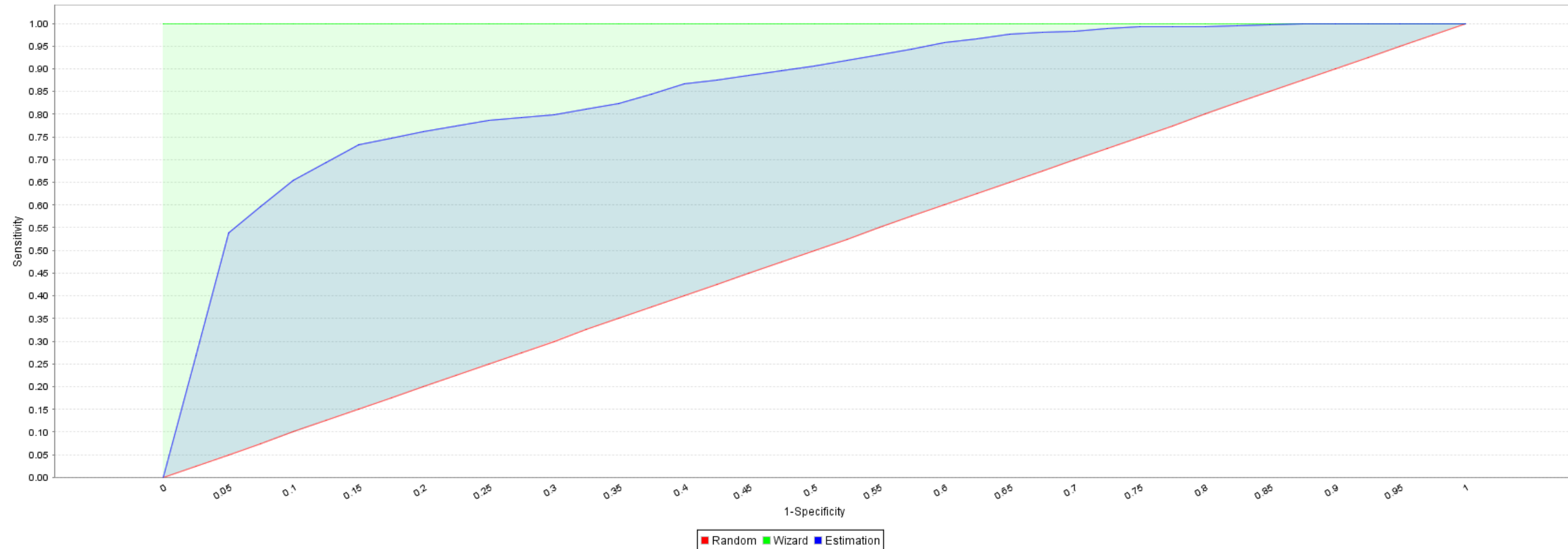


# Прогноз на 20 дней: визуализация



# ROC кривая для модели прогноза прогара фурмы за 20 дней

Performance



# Изменение процесса работы с фурмами

---

## AS IS:

Замена фурм по нормам стойкости и по факту возникновения прогаров

## TO BE:

Замена фурм по вероятности возникновения прогара, рассчитываемому математической моделью

### Целевой процесс:

Установка процента снижения числа прогаров



Отработка модели с расчетом для каждой фурмы вероятности прогара на 1-21 день



Формирование списка фурм для замены в сервисный интервал

# Примеры интерфейсов пользователей

# Примеры интерфейсов (1)

Текущий заказ: 123456234 11 ч. 12 мин. 30 октября 2016

Марка: 14Г2ФБ-8  
Профиль: 250\*2465  
Температура: 100 К

**97.2%**  
Вероятность дефекта:

Параметры разливки  
v: 12 см/с  
Уровень в кристаллизаторе: 124  
Уровень в промковше: 34

Рекомендованные параметры разливки  
v: 10 см/с  
Уровень в кристаллизаторе: 110  
Уровень в промковше: 34

**88%**  
Вероятность дефекта

Очередь (23) Выполнено (50)

Заказы (123) Поиск  ↑↓ ☰ ⚙️

№	Заказ	Марка	Профиль	Вероятность дефекта	Плановая дата	Плановое время
1	10223882001820	20Г-16	250*2555	89%	01.06.2016	12:40 >
2	10223882001820	20Г1Ф-2	250*2555	78%	01.06.2016	13:20 >
3	10223882001820	17Г1-11	250*2450	36%	01.06.2016	14:00 >
4	10223882001820	21ХГ2АФБ	250*2555	50%	01.06.2016	14:40 >
5	10223882001820	16Г-14	250*2450	99%	01.06.2016	15:20 >
6	10223882001820	17Г2Ф-8	250*2450	16%	01.06.2016	16:00 >
7	10223882001820	17Г2-10	250*2450	42%	01.06.2016	16:40 >



# Примеры интерфейсов (2)

The screenshot displays a mobile application interface for SAP. At the top, there is a navigation bar with a user profile icon, a home icon, the SAP logo, and the text 'Базовый экран технолога'. To the right of the navigation bar are search, refresh, and list view icons. Below the navigation bar, there are three filter buttons: '14 Все' (selected), '1 Норма' (Norma), '8 Критичные' (Critical), and '8 Предупреждение' (Warning). The main content area is titled 'Заказы (14)' and contains a table with the following columns: 'Заказ' (Order), 'Марка' (Brand), 'Профиль' (Profile), 'Вероятность деффекта' (Defect probability), 'Дефекты' (Defects), and 'Дата' (Date). The table lists 14 orders, each with a unique order number, brand, profile, defect probability percentage, and defect type. A search bar and sorting options are located at the top right of the table.

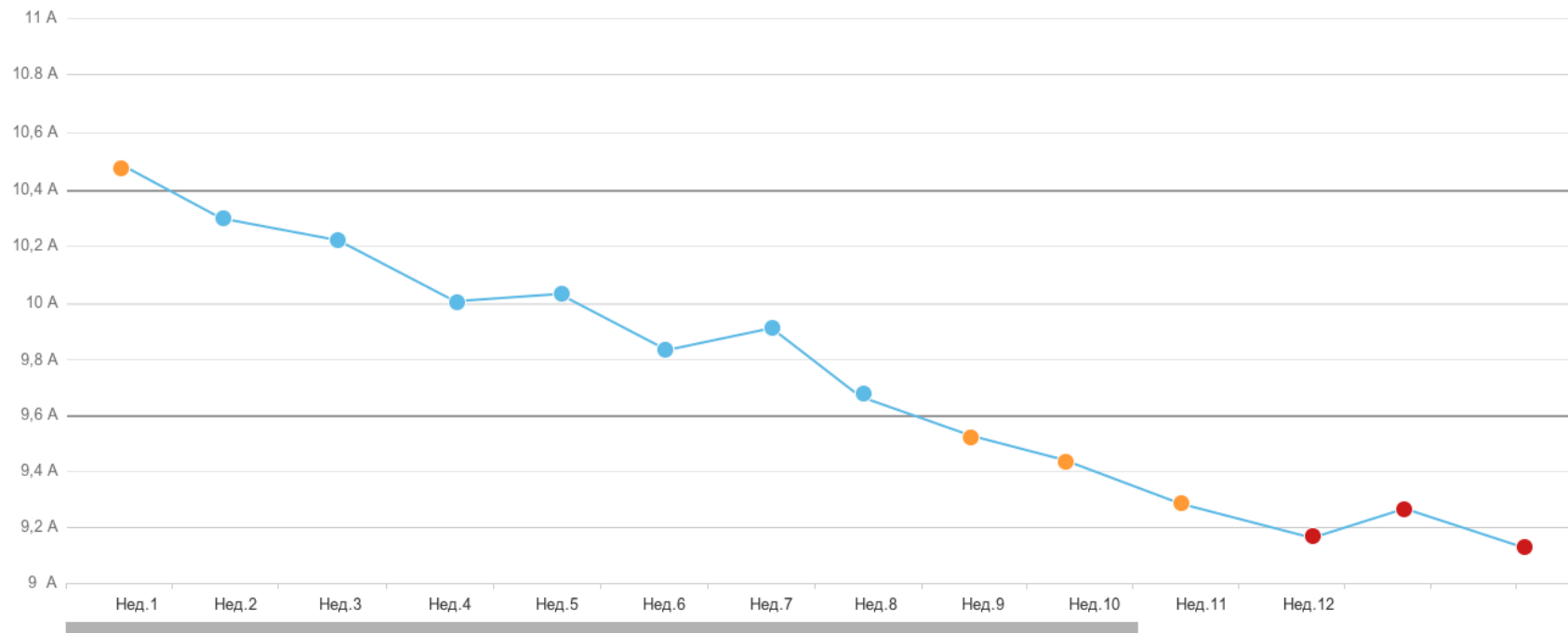
Заказ	Марка	Профиль	Вероятность деффекта	Дефекты	Дата
10223882001820	20Г-16	250*2555	89%	Угловая трещина	01.06.2016
10223882001820	20Г1Ф-2	250*2555	78%	Поперечная трещина	01.06.2016
10223882001820	17Г1-11	250*2450	36%	Продольно-ребровая трещина	01.06.2016
10223882001820	21ХГ2АФБ	250*2555	50%	Газовый пузырь	01.06.2016
10223882001820	16Г-14	250*2450	99%	Риска	01.06.2016
10223882001820	17Г2Ф-8	250*2450	16%	Продольно-ребровая трещина	01.06.2016
10223882001820	17Г2-10	250*2450	42%	Угловая трещина	01.06.2016
10223882001820	19Г2-23	250*2450	20%	Газовый пузырь	01.06.2016
10223882001820	16Г-13	250*2000	80%	Риска	01.06.2016
10223882001820	17Г2-10	250*2450	42%	Поперечная трещина	01.06.2016
10223882001820	19Г2-23	250*2450	20%	Угловая трещина	01.06.2016
10223882001820	16Г-13	250*2000	80%	Газовый пузырь	01.06.2016

# Примеры интерфейсов (3)

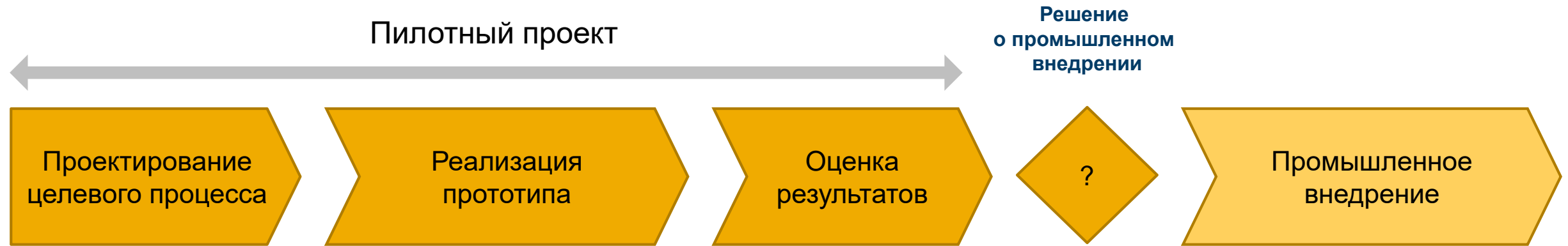
Аналитика

Ток в двигателе привода кристаллизатора

Вероятность дефекта "След качания кристаллизатора" **98%** с 9 недели



# Подход к пилотному проекту



1. Анализ текущего процесса и проектирование
2. Проектирование целевого процесса и ожидаемых экономических эффектов
3. Проектирование архитектуры целевого процесса, включая:
  - Сбор и обработка данных
  - Прогнозирование целевых событий
  - Использование результатов прогноза в бизнес-процессе
4. Определение области прототипа (какие места целевой архитектуры вызывают сомнения)
5. Определение экономических критериев успешности пилотного проекта
6. Реализация прототипа (разработка прогнозного алгоритма)
7. Проверка результата на новом наборе данных (с неизвестным нам результатом)
8. Решение о запуске промышленного внедрения целевого процесса



# Спасибо за внимание!

Контактная информация:

**Антон Курудинов**

Архитектор бизнес-решений, SAP CIS

[anton.kurudinov@sap.com](mailto:anton.kurudinov@sap.com)