

Мониторинг оборудования и прогнозное техническое обслуживание и Прогнозная аналитика на основе методов машинного обучения

Maximo asset performance management



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
55.0.03—
2014/ИСО
55002:2014

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВАМИ

Национальная система стандартов

СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА

10.2 Предупреждающие действия

Предупреждающие действия, которые могут включать прогнозирующие действия, также выполняются для устранения корневых причин потенциальных отказов или аварийных ситуаций, являясь упреждающим воздействием, которое осуществляется до возникновения аварийной ситуации. Организации следует разработать, внедрить и поддерживать процессы инициации предупреждающих или прогнозирующих действий. Для разработки и поддержки процессов предупреждающих действий необходимо учитывать следующее:

- a) использование подходящих источников информации;
- b) идентификация любых потенциальных отказов;
- c) использование подходящей методологии;
- d) инициация и внедрение предупреждающего действия;
- e) регистрация любых изменений в процессах и процедурах, осуществленных в результате выполнения предупреждающего действия;
- f) оценка предупреждающего действия;
- g) включение предупреждающих действий в планы по управлению активами;
- h) необходимость поддерживать документированную информацию по предупреждающим и прогнозирующим действиям.

10.3 Постоянное улучшение

10.3.1 Следует определять, оценивать и внедрять в организации надлежащим образом перспективы для улучшения используя сочетание мониторинга и корректирующих действий для активов, управления активами, или системы управления активами. Постоянное улучшение следует рассматривать как текущую интерактивную деятельность, имеющую окончательную цель — достижение целей организации. Его не следует понимать, просто как циклическое (например, ежегодное) улучшение параметров производительности активов только потому, что оно может быть достигнуто.

10.3.2 Постоянное улучшение может быть организовано, как процесс «сверху вниз» или «снизу вверх» или как комбинация указанных процессов. Организации следует разработать, внедрить и поддер-

Японские системы управления качеством



В XX веке было разработано и успешно внедрено по всему миру несколько систем непрерывного улучшения бизнес процессов. Цикл непрерывных улучшений Деминга, “Кайдзен”, TQC (Total quality control) и др.

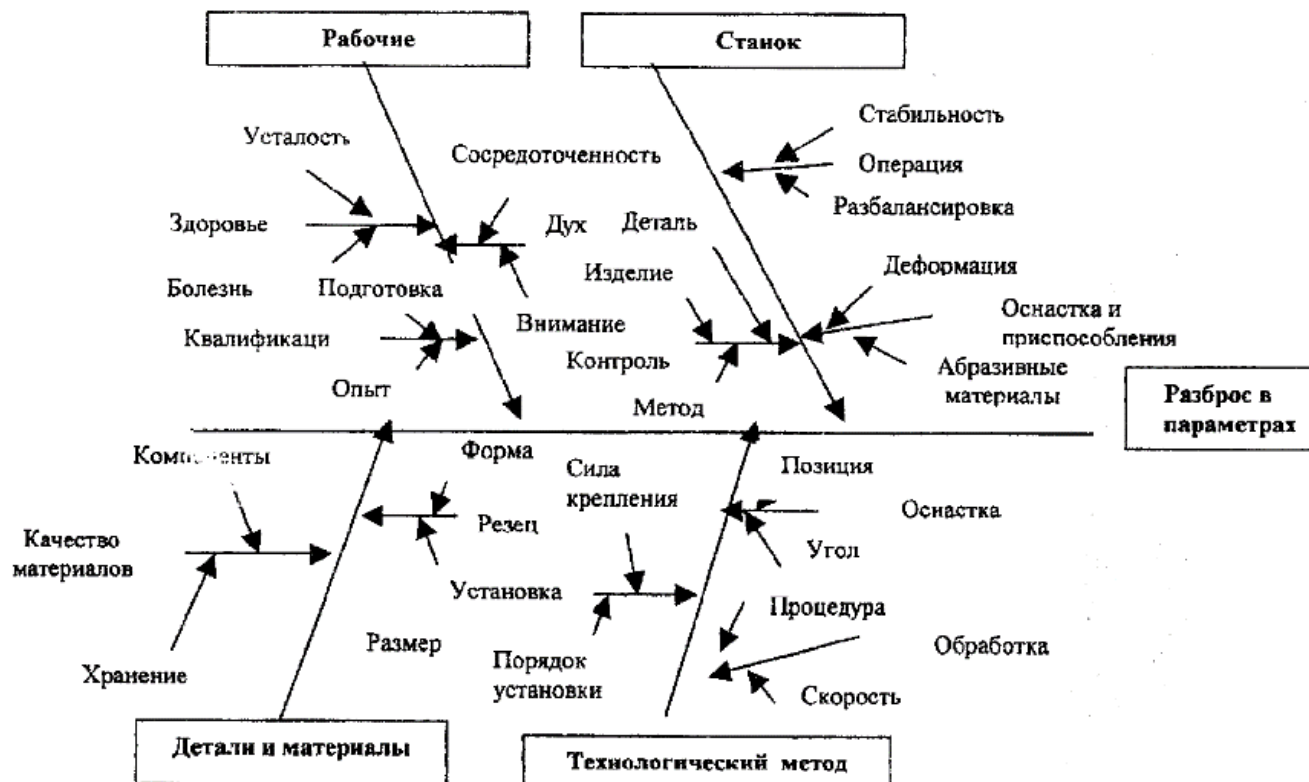


Диаграмма причин и результатов Исикавы

Дата	Причина	В отделе, который должен ответить на звонок, никого нет	Адресата нет на месте	Только один оператор (напарник находится за пределами офиса)	Всего
4 июня					24
5 июня					32
6 июня					28
~~~~~					
15 июня					25

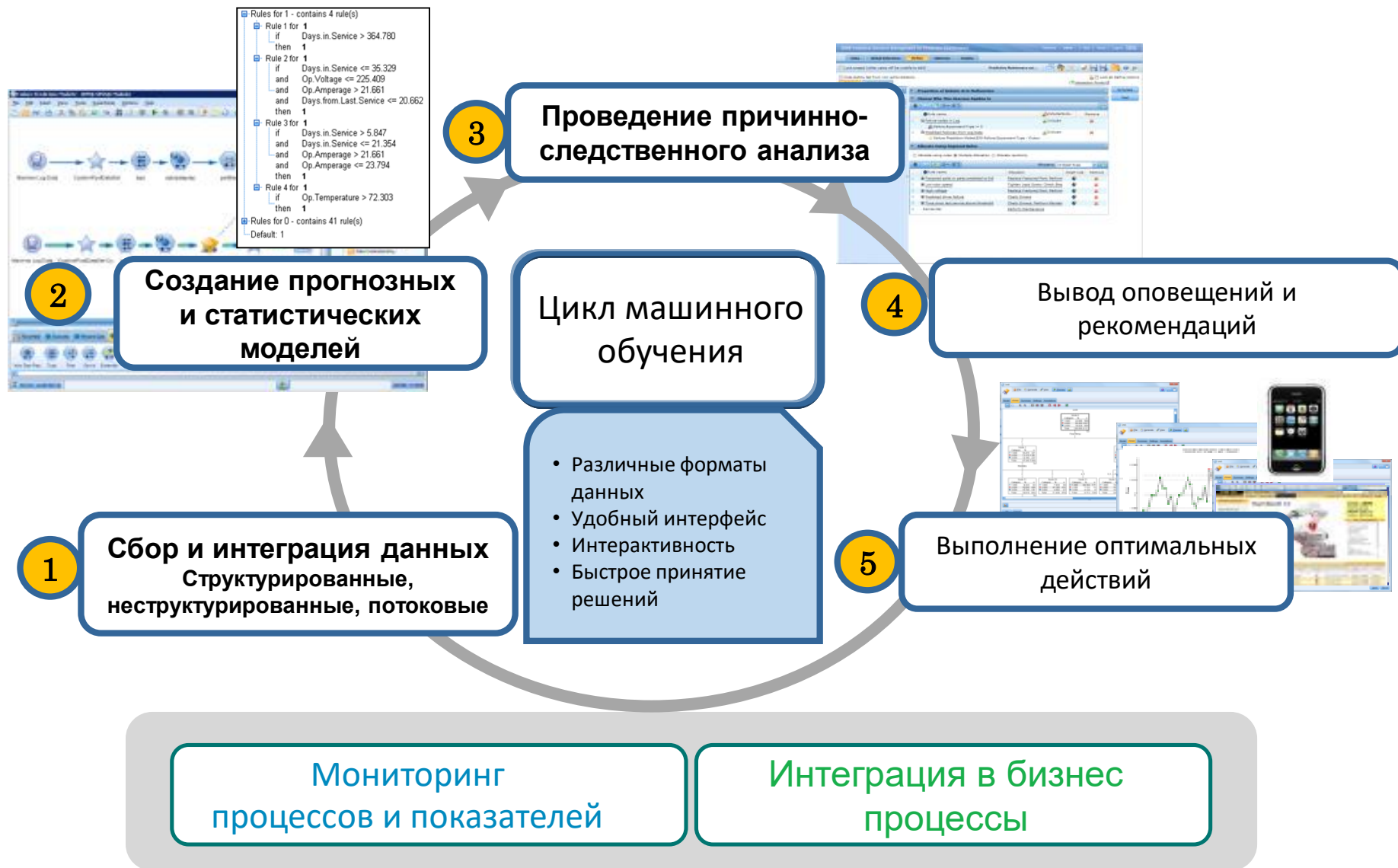
↓

Причины, по которым телефонным абонентам приходилось ждать

Причина	В среднем в день	Всего
A Только один оператор (напарник находится за пределами офиса)	14,3	172
B Адресата нет на месте	6,1	73
C В отделе, который должен ответить на звонок, никого нет	5,1	61
D Не названы отдел и имя адресата	1,6	19
E Расспросы о местонахождении отделения офиса	1,3	16
F Прочие причины	0,8	10
Всего	29,2	351

Данные контрольных листов

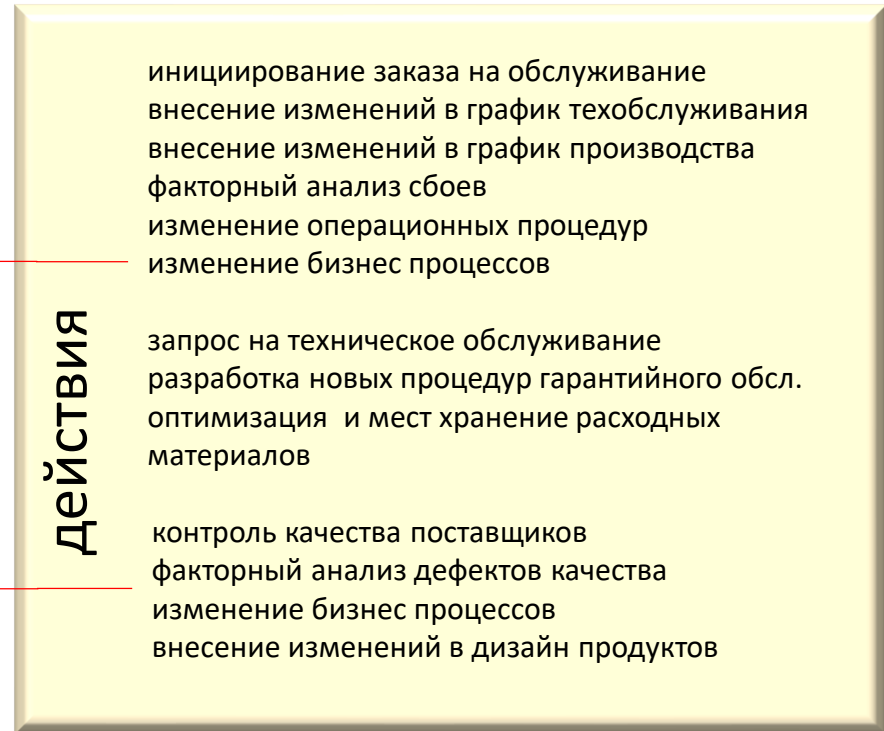
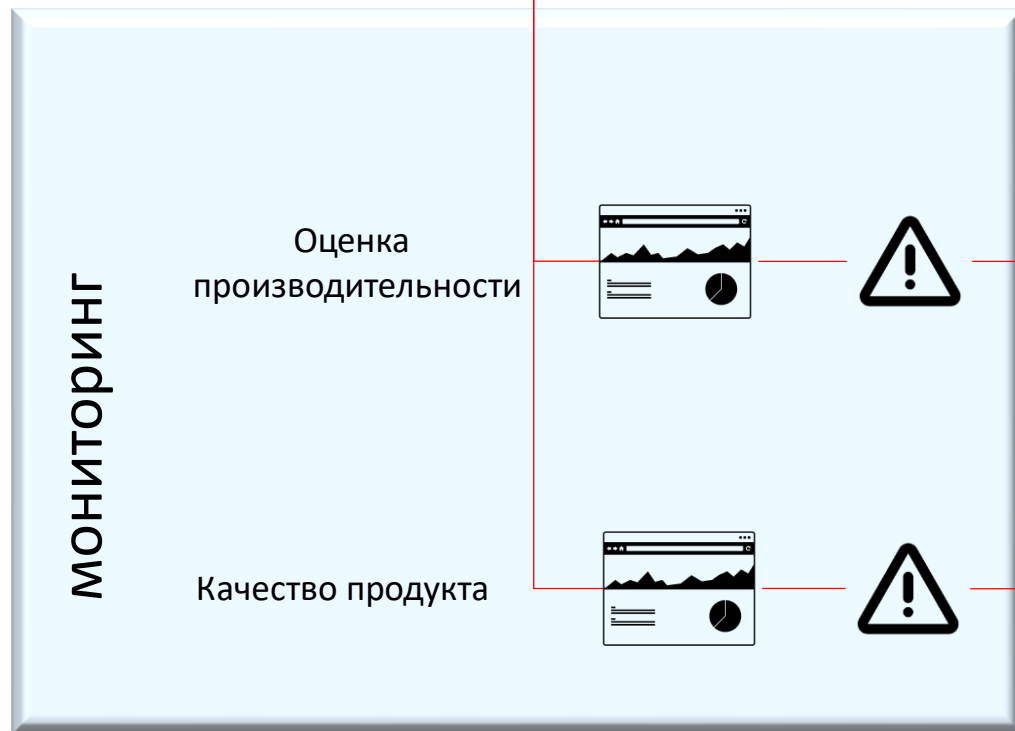
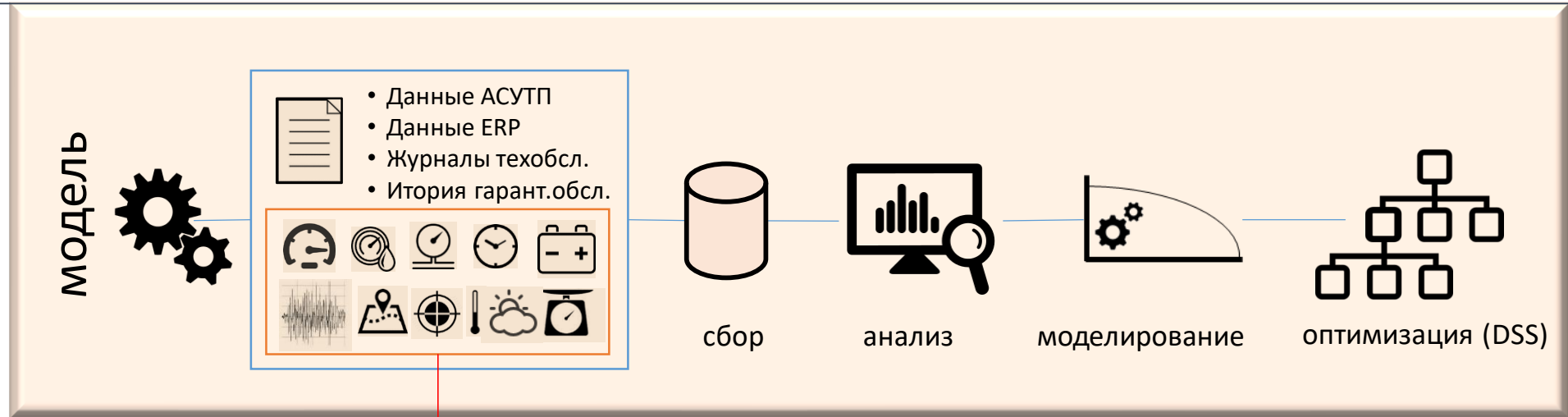
# Принцип машинного обучения в прогнозной аналитике



- ❑ Прогнозирование сбоев производственного оборудования
- ❑ Определение причин отказов (факторный анализ отказов)
- ❑ Мониторинг фактического состояния оборудования
- ❑ Выявление причин ускоренного износа оборудования
- ❑ Сокращение времени простоев производственного оборудования
- ❑ Оптимизация графиков технического обслуживания
- ❑ Оптимизация ресурсов, используемых для технического обслуживания
- ❑ Снижение брака и повышение качества готовой продукции за счет факторного анализа брака и создания системы раннего предупреждения о дефектах.
- ❑ Оптимизация режимов работы оборудования. Выявление аномалий

Система **IBM Maximo APM** была одной из первых на рынке систем прогнозной аналитики оборудования и к настоящему моменту успешно внедрена на многих предприятия за рубежом и прошла апробацию в различных индустриальных секторах включая металлургию, энергетику, нефтегазовую отрасль и машиностроение. Система рассчитана на крупные промышленные предприятия и обладает соответствующими для этого характеристиками в плане производительности, масштабируемости и работы в режиме близком к режиму реального времени.

# Принцип работы (функциональный ракурс)

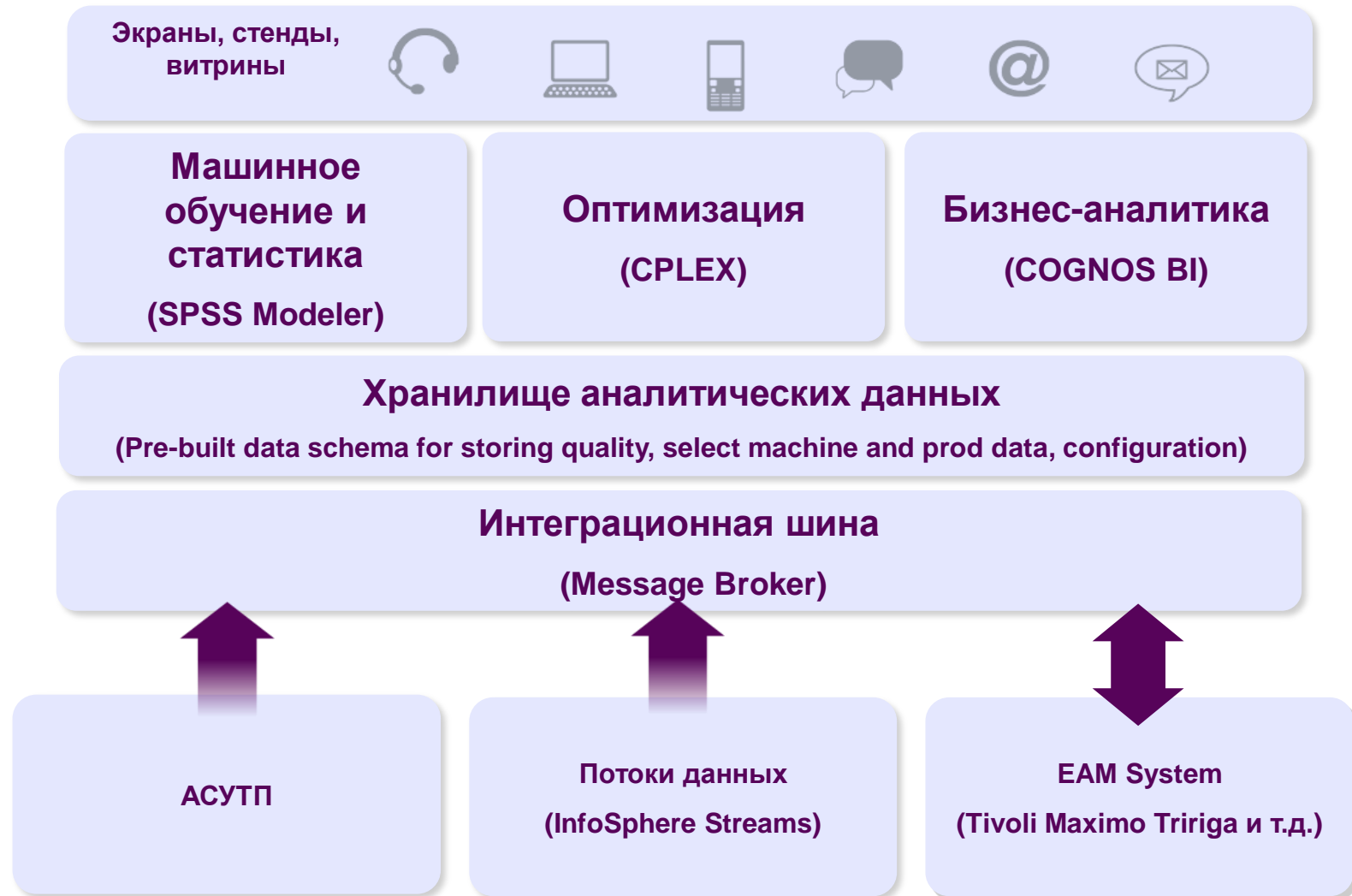


## Maximo APM Server

- SPSS Modeler 18.0
- SPSS Statistics 24.0
- SPSS C&DS 8.0
- CPLEX 12.
- DB2 10.5
- Cognos Analytics 11
- Integration Bus 10
- WebSphere ND 8.5
- WebSphere Liberty 8.5

## Maximo APM Artifacts

- PM Big Data
- PMO Sample App

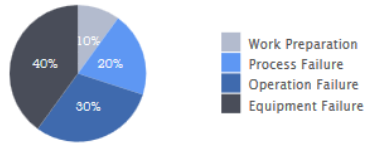




# Мониторинг состояния и прогноз отказов



## Operation Shutdown Time



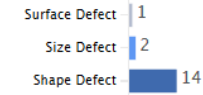
## Overall Equipment Health Score



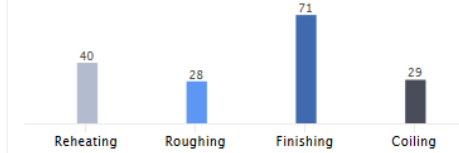
## Production Output with Target(Day)

365/800(EA)

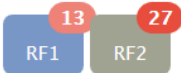
## Product Defect Count(Day)



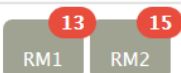
## Equipment Anomaly Count(Month)



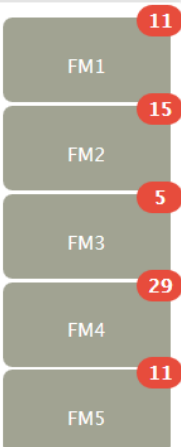
### Reheating



### Roughing



### Finishing



### Coiling



### Equipment Profile

RF1  
Furnace1  
Reheating Furnace  
Yoido

### Overall Health Score

Today  
44

### Failure Probability

%  
15

### Anomaly Count

After previous maintenance  
13

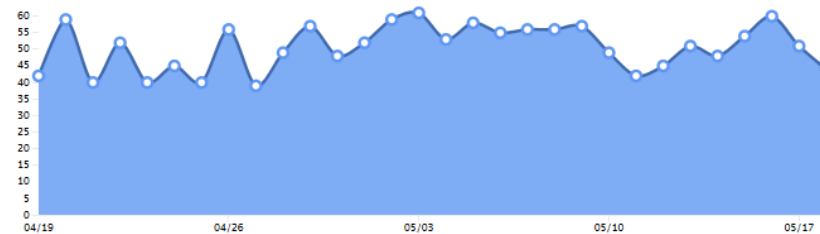
### Work Order Overdue

Current  
5

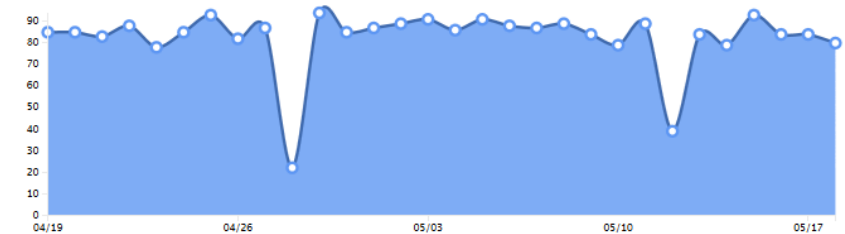
### Failure Count

Past 1 year  
3

### Healthy Score Trend



### Equipment Availability Trend



### Measurement Profile

Measurement Type	Min	Max	Average	Last Value
Air Flow difference between plan and actual	-0.10	0.10	0.00	-0.10
Combustion Air Pressure	0.90	1.30	1.10	1.00
Furnace Pressure	0.80	1.20	1.00	0.90
Furnace Pressure difference between plan and actual	-0.20	0.30	0.05	-0.05

### Event Log

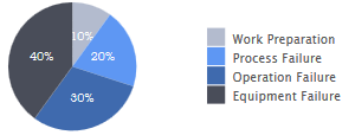
Time	Event Type	Comment
10:00:00	MAINTENANCE	Completed Fueling
13:30:00	ALARM	State OK after emergency measure
14:00:00	ALARM	State Check OK - Temperature, Airflow
11:20:00	ALARM	State Check OK - Cable, Power, Connection



# Мониторинг состояния и прогноз отказов (детали)



## Operation Shutdown Time



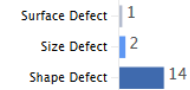
## Overall Equipment Health Score



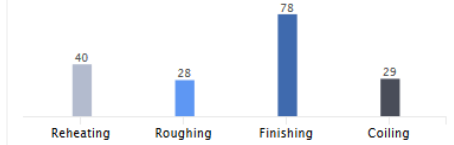
## Production Output with Target(Day)

365/800(EA)

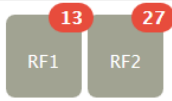
## Product Defect Count(Day)



## Equipment Anomaly Count(Month)



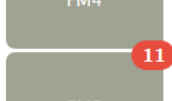
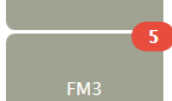
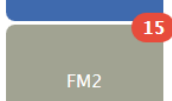
### Reheating



### Roughing



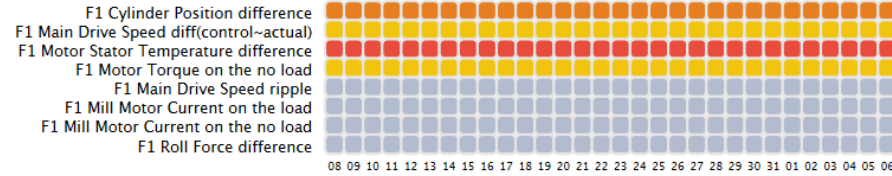
### Finishing



### Coiling



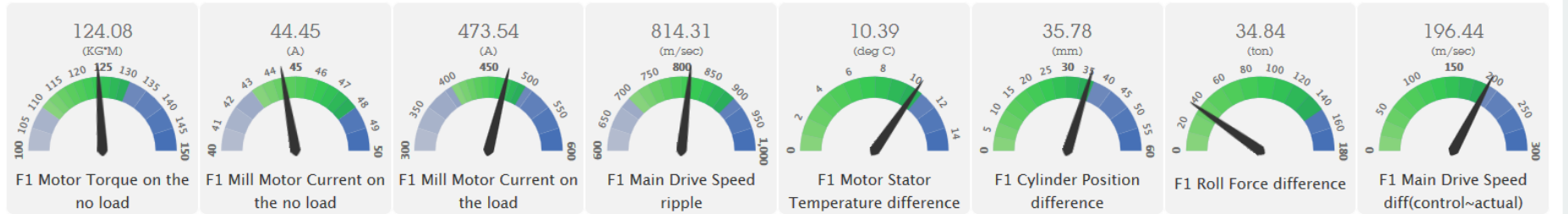
## Anomaly Trend



## Anomaly Log

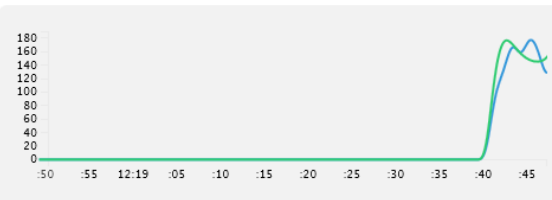
Date	Type	Indicator	Value
00:19:38	POSITION	F1 Cylinder Position difference	37.1963
00:19:30	TEMPERATURE	F1 Motor Stator Temperature difference	10.8668
00:19:21	POSITION	F1 Cylinder Position difference	37.2365
00:18:37	ROLLSPEED	F1 Main Drive Speed diff(control~actual)	199.175
00:16:25	TEMPERATURE	F1 Motor Stator Temperature difference	10.8492

## Condition Indicators (Derived Variables)

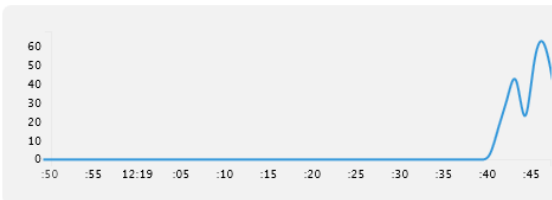


## Sensor Measurement (Raw Data)

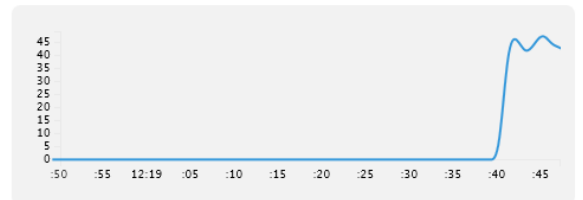
### Roll Force (Work Side & Drive Side)



### Vibration Velocity (Main Motor)



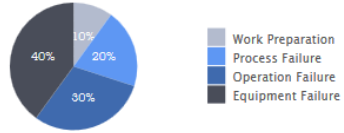
### Current (Main Motor)



# Прогноз отказов



## Operation Shutdown Time



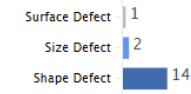
## Overall Equipment Health Score



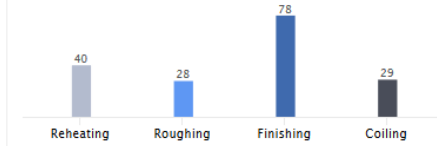
## Production Output with Target(Day)

365/800(EA)

## Product Defect Count(Day)



## Equipment Anomaly Count(Month)



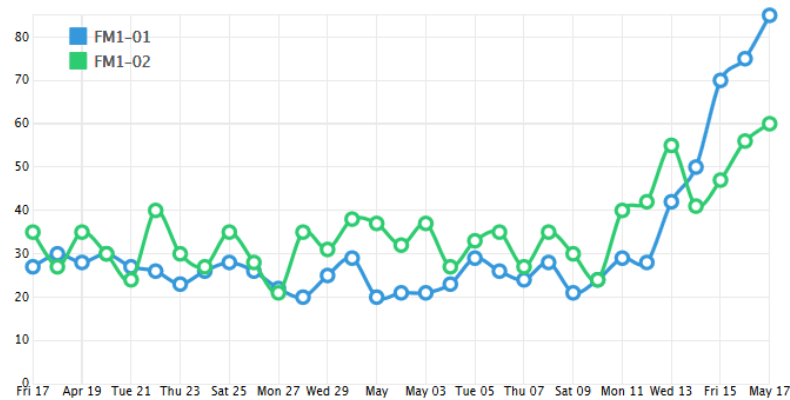
## Equipment Failure Probability

Equipment Name	Failure Probability
FM1	85.00
FM4	55.00
DC1	47.00
FM3	42.00
FM5	41.00
FM2	40.00
DC2	40.00
RF2	35.00
RM1	30.00
RF1	27.00
RM2	24.00

## Equipment Failure Model

Model ID	Model Name	Failure Probability	Change	Execution Date
FM1-01	Rotating Failure	85.00	13%	2015-05-17
FM1-02	Motor Failure	60.00	7%	2015-05-17

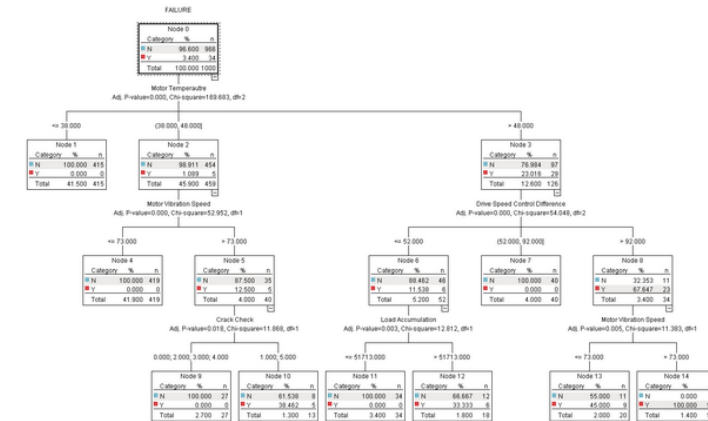
## Failure Probability Trend



## Input Variables (Key Predictors)

No	Variable Name	Predictor Importance	Last Value
1	Motor Temperature	0.53	65
2	Drive Speed Control Difference	0.24	200
3	Motor Vibration Speed	0.17	75
4	Crack Check	0.04	2
5	Load Accumulation	0.02	51604

## Failure Prediction Model



# Подход к реализации проектов



# Методология реализации проекта (методология CRISP-DM)



## Business Understanding/ Бизнес-анализ

Determine Business Objectives/  
Определение бизнес-целей

Assess Situation/  
Оценка текущей ситуации

Determine Data Mining Goals/  
Определение целей аналитики

Produce Project Plan/  
Подготовка плана проекта

## Data Understanding/ Анализ данных

Collect Initial Data/  
Сбор данных

Describe Data/  
Описание данных

Explore Data/  
Изучение данных

Verify Data Quality/  
Проверка качества данных

## Data Preparation/ Подготовка данных

Select Data/  
Выборка данных

Clean Data/  
Очистка данных

Construct Data/  
Генерация данных

Integrate Data/  
Интеграция данных

Format Data/  
Форматирование данных

## Modeling/ Моделирование

Select Modeling Techniques/  
Выбор алгоритмов

Generate Test Design/  
Подготовка плана тестирования

Build Model/  
Обучение моделей

Assess Model/  
Оценка качества моделей

## Evaluation/ Оценка решения

Evaluate Results/  
Оценка результатов

Review Process/  
Оценка процесса

Determine Next Steps/  
Определение следующих шагов

## Deployment/ Внедрение

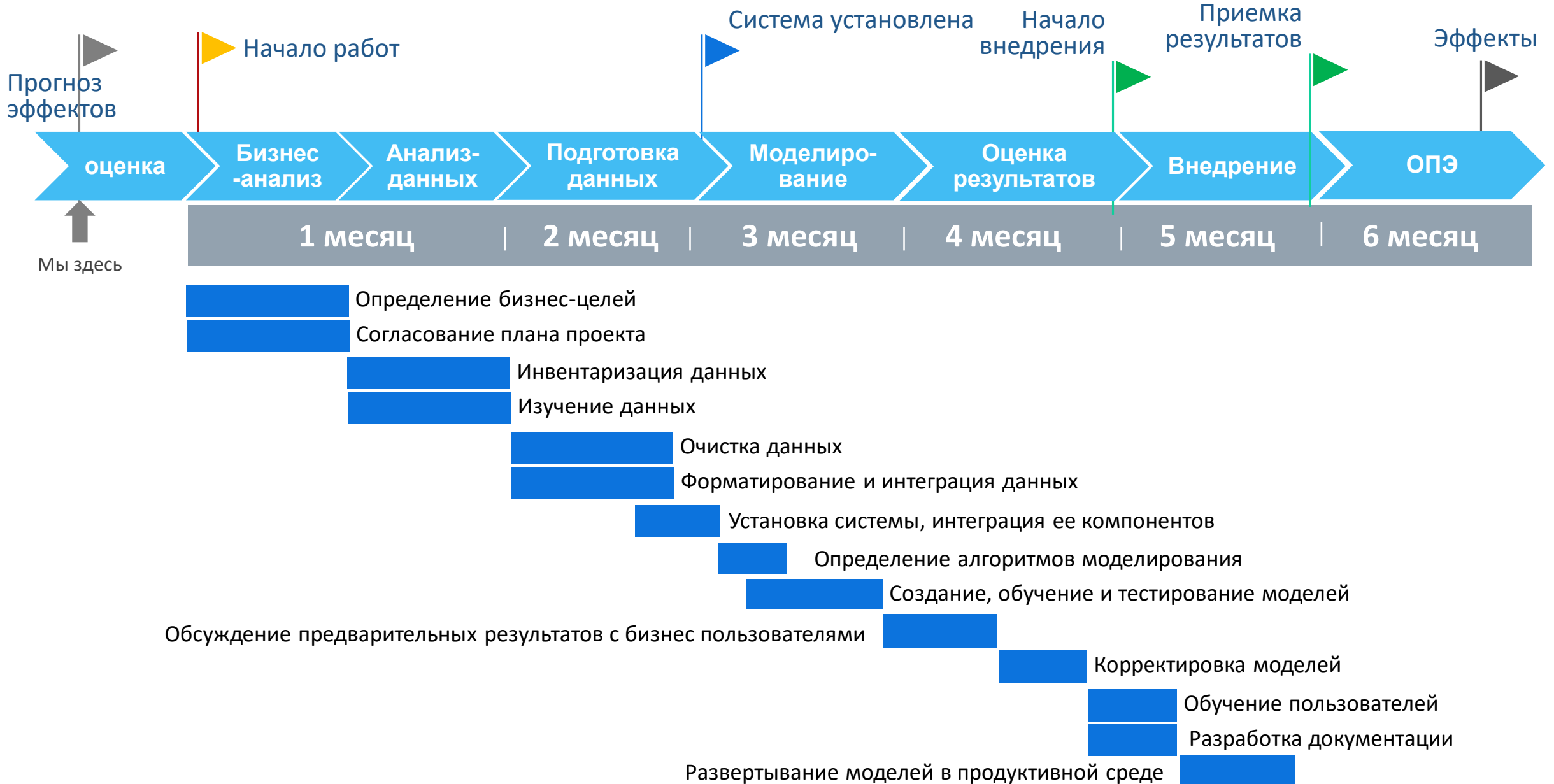
Plan Deployment/  
Внедрение

Plan Monitoring and Maintenance/  
Планирование мониторинга и поддержки

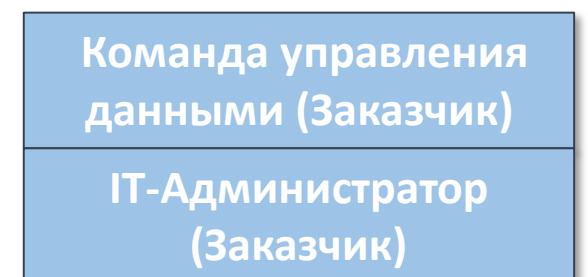
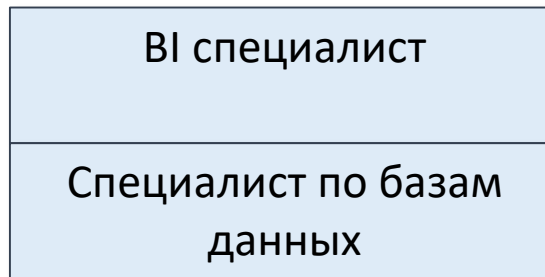
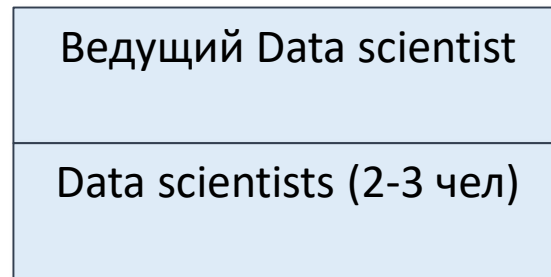
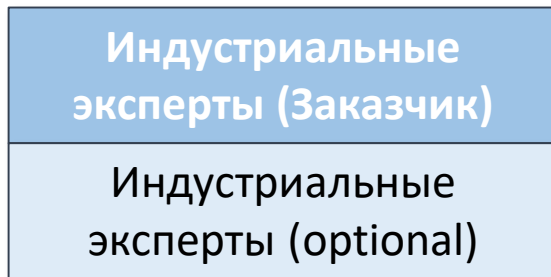
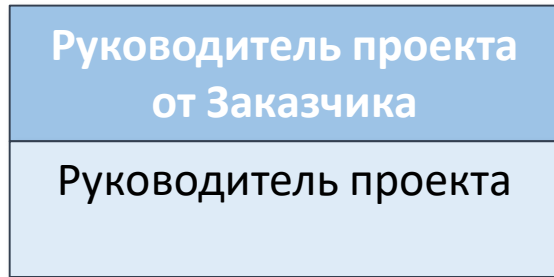
Produce Final Report/  
Подготовка отчета

Review Project/  
Ревью проекта

# Типовой план пилотного проекта (5 месяцев)



# Типовая организационная структура проекта



# Примеры реализованных IBM проектов





National Grid UK использует решение на основе прогнозной аналитики для управления ТОиР в режиме реального времени по состоянию активов

## Сокращени на 23%

операционных расходов  
за счет внедрения  
системы ТОиР по  
состоянию активов

Внедрение системы  
проактивного реагирования  
на основе тревожных  
сигналов (alerts)

- IBM® Intelligent Operations Center
- IBM InfoSphere® Information Server
- Informix® TimeSeries DataBlade
- Informix TimeSeries Real-Time Loader
- IBM Cloud Managed Services
- IBM® Global Business Services® – Application Management Services
- IBM Global Technology Services® – Cloud Services



**Задача:** До настоящего времени предприятие было вынуждено опираться на традиционную систему запланированных ремонтов и технического обслуживания. Это было необходимо для обеспечения наивысшего уровня доступности активов, обеспечивающих распределение электроэнергии.

**Оптимизационное решение:** на базе облачной инфраструктуры было построено решение, позволяющее управлять активами в режиме реального времени и на основании их фактического состояния. Решение позволяет не только мониторить состояние активов но и оснащено мощным аналитическим аппаратом, дающим возможность прогнозировать выходы из строя и критические ситуации. Теперь компания получила возможность выстраивать политику ТОиР на основании фактического состояния активов, что позволило существенно сократить операционные расходы, связанные с ТОиР.

Департамент водоснабжения в Азии использует прогнозное обслуживание для выявления проблем и превентивной замены участков водопровода с высоким риском аварийности

**>300%**

увеличение в точности прогнозирования поломок

**24%**

Уменьшение числа поломок заменой 3% наиболее проблемных труб

**7 млн**

Граждан обслуживаются отделом водоснабжения

## Компоненты решения

- IBM® System x3550
- IBM DB2® Express Edition
- IBM SPSS® Modeler
- IBM SPSS Modeler Desktop
- IBM China Research Lab Services

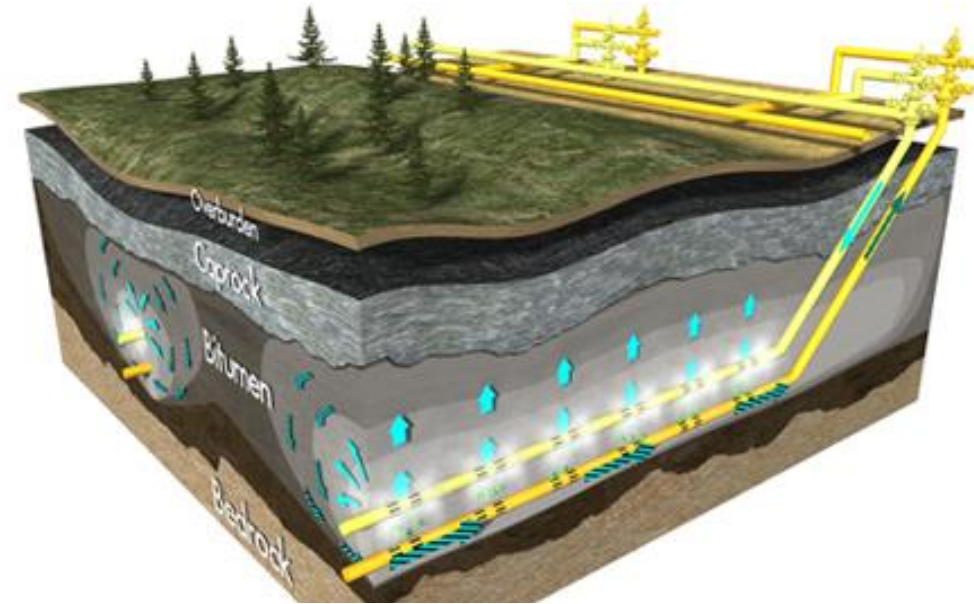


**Задача:** Необходимость определения факторов, влияющих на риск аварий водопровода. Выявление наиболее проблемных участков инфраструктуры и оценка вероятности выхода из строя оборудования, а также времени наступления аварий. Приоритезация работ по обслуживанию и ремонту, концентрация на наиболее проблемных участках.

**Решение IBM.** Внедрение системы статистического анализа и прогнозирования риска поломок оборудования, учитывающей историю поломок и обслуживания, а также показаний с датчиков в реальном времени.

## Оптимизация технологии парогравитационного воздействия (SAGD)

- рассчитать оптимальны параметры пара
- большая эффективность извлечения эмульсии
- 90%-ая точность прогнозирования добычи нефти



**Задача:** Крупной канадской компании добывающая нефть в битуминозных песках требовалось определить оптимальные параметры пара для подачи пара в нефтяные скважины, чтобы максимизировать добычу нефти, снизить отношение пар/нефть, а также сократить обводненность скважин. Принятый в компании бизнес процесс основывался исключительно на операционных ноу-хау.

**Решение IBM.** Продвинутая аналитическая модель позволяет точно рассчитать для каждой скважины параметры пара, при которых достигается оптимальное соотношение нефть/пар. Прогнозная SaaS модель в сочетании с оптимизационной моделью сделанной с использованием MathLab позволяет инженерам управлять оптимальной подачей пара.



## Повышение качества готовой продукции

- 25%-ое повышение производительности линии по производству головок цилиндров
- 50%-ое сокращение времени, необходимого для достижения целевых показателей процесса
- 100%-ая окупаемость проекта в течение двух лет



**Задача:** Определение производственных параметров, влияющих на качество головок цилиндров автомобильных двигателей (настройки производственного оборудования, температурные характеристики металла, графики техобслуживания оборудования)

**Решение IBM.** С помощью прогнозных моделей проанализировано более 500 параметров производственного процесса. Выявлены конкретные компоненты производственных линий нуждающиеся в дополнительной настройке для того, чтобы обеспечить соответствие необходимым спецификациям. Определено производственное оборудование, нуждающееся в профилактическом техническом обслуживании.

## Повышение эффективности производства

- 45.5%-ое сокращение незапланированных простоев
- Сокращение потерь и брака возникающих из-за внеплановых ремонтов
- Потенциальная экономия в 100-ни млн. \$ в результате оптимизации графиков производства



**Задача:** Согласно сделанным оценкам 65% сбоев и дефектов продукта в течение предыдущих трех лет могли быть предотвращены с помощью системы раннего предупреждения и диагностики проблем. Этому препятствовало отсутствие взаимосвязи и прозрачности в производственных данных, качестве готовой продукции и оборудовании.

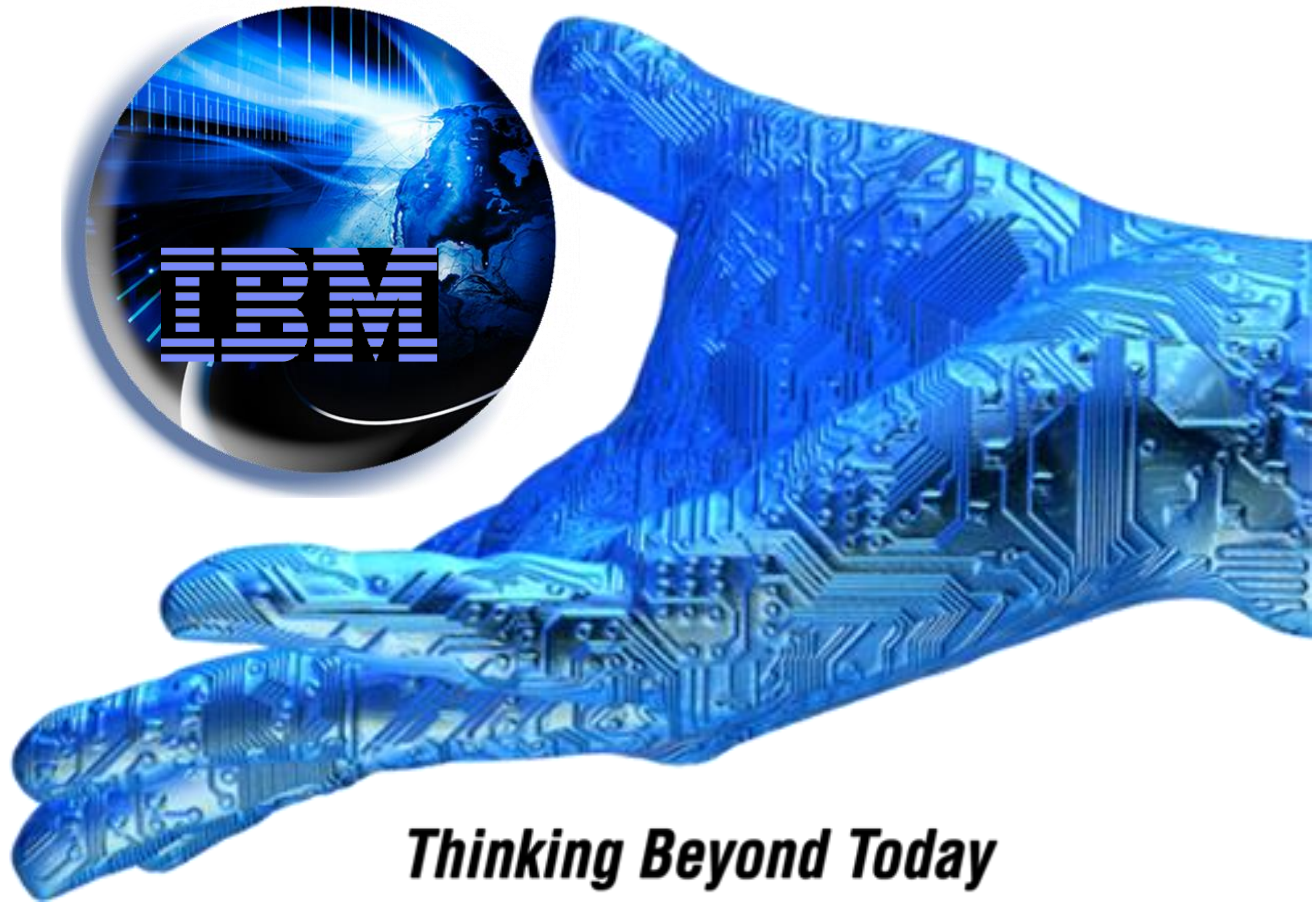
**Решение IBM.** Применение интеллектуальной аналитики ко всему объему и разнообразию исторических и близких к реальному времени производственных данных. Алгоритмы раннего обнаружения предсказывают незапланированные события за 3 дня до их наступления. Изменение параметров и условий производственного процесса и выполнение профилактического обслуживания, с целью избежать отказа оборудования. Определение основных причин проблем с качеством, чтобы избежать дефектов продукта.



*Вопросы?*

*Борис Красносельский*

[Boris.Krasnoselskiy@Softline.com](mailto:Boris.Krasnoselskiy@Softline.com)



***Thinking Beyond Today***