

Лучшие практики цифровизации рельсового производства

Почкутов Андрей

ЕВРАЗ



Industrial++
2025

Литье заготовок



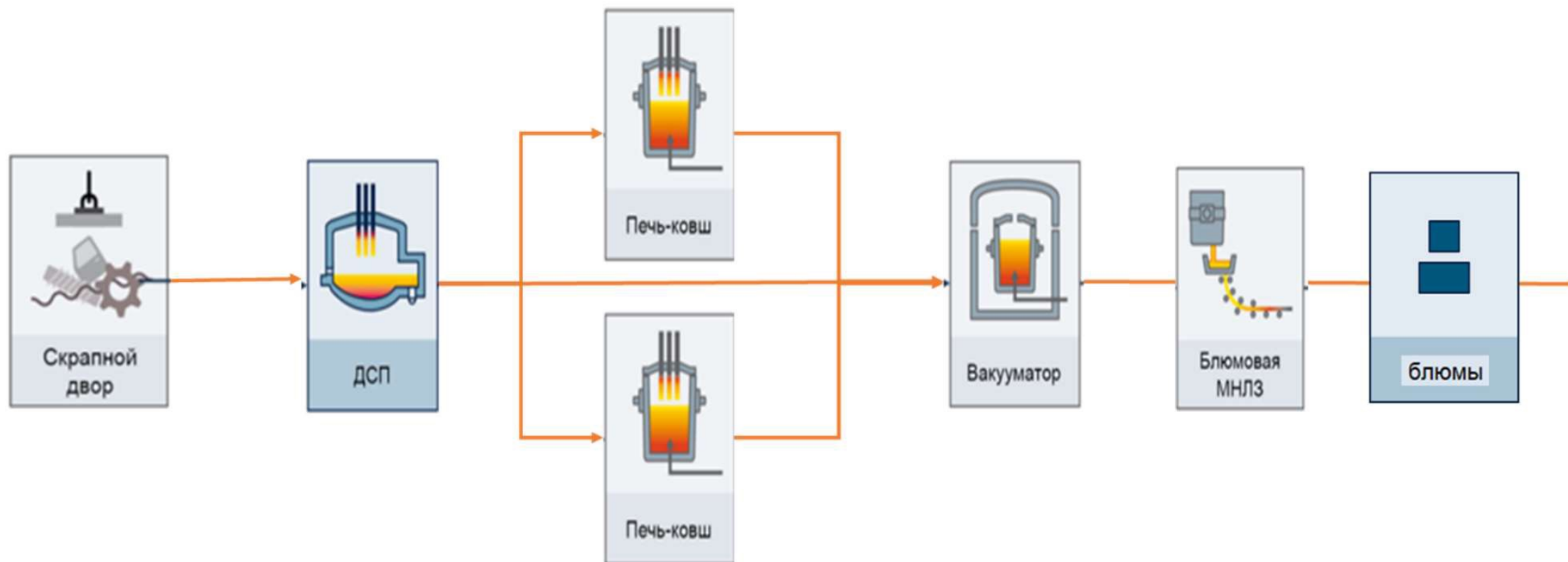
Готовые 100 метровые рельсы

3



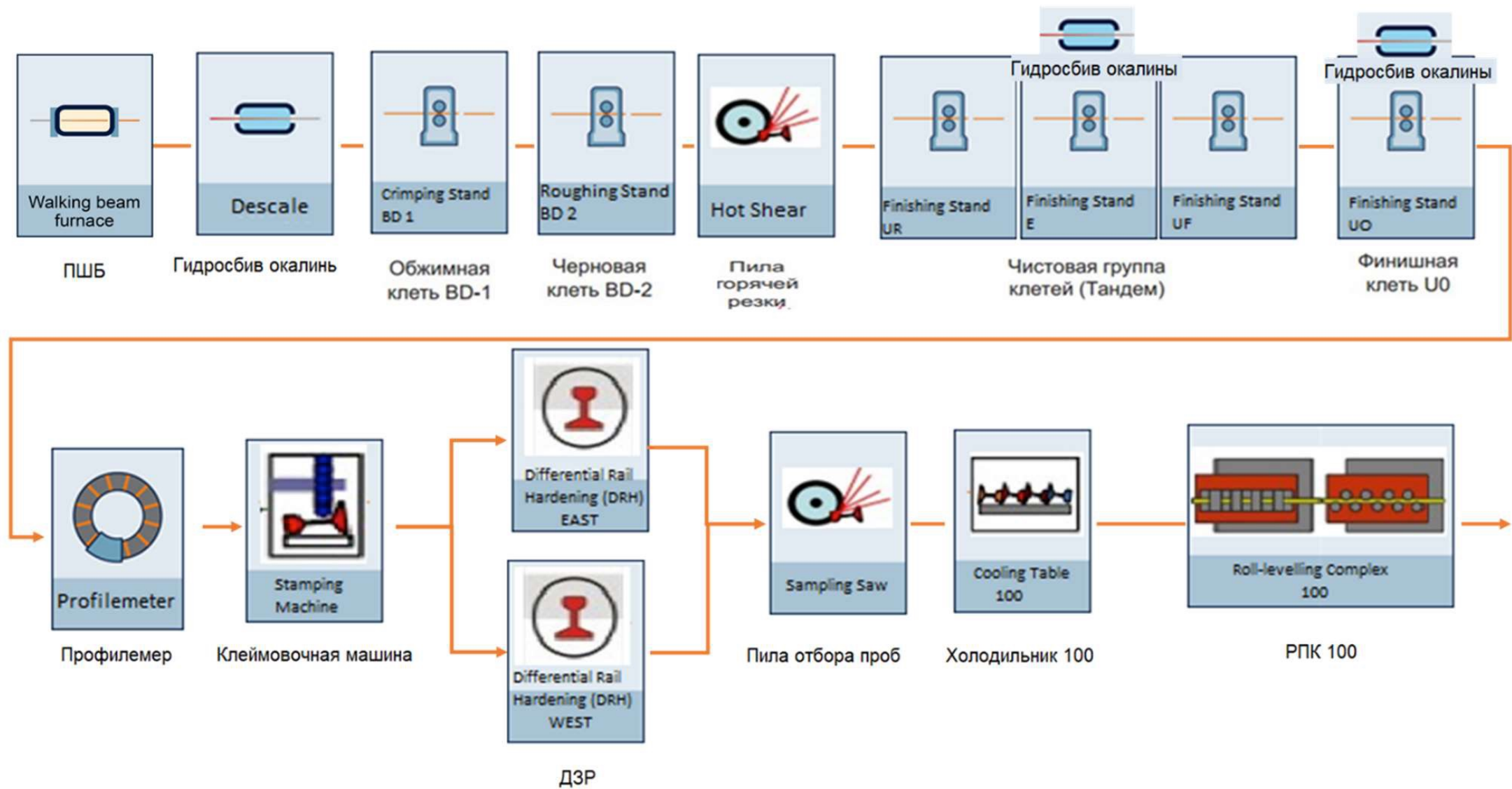
Сталеплавильный цех

4



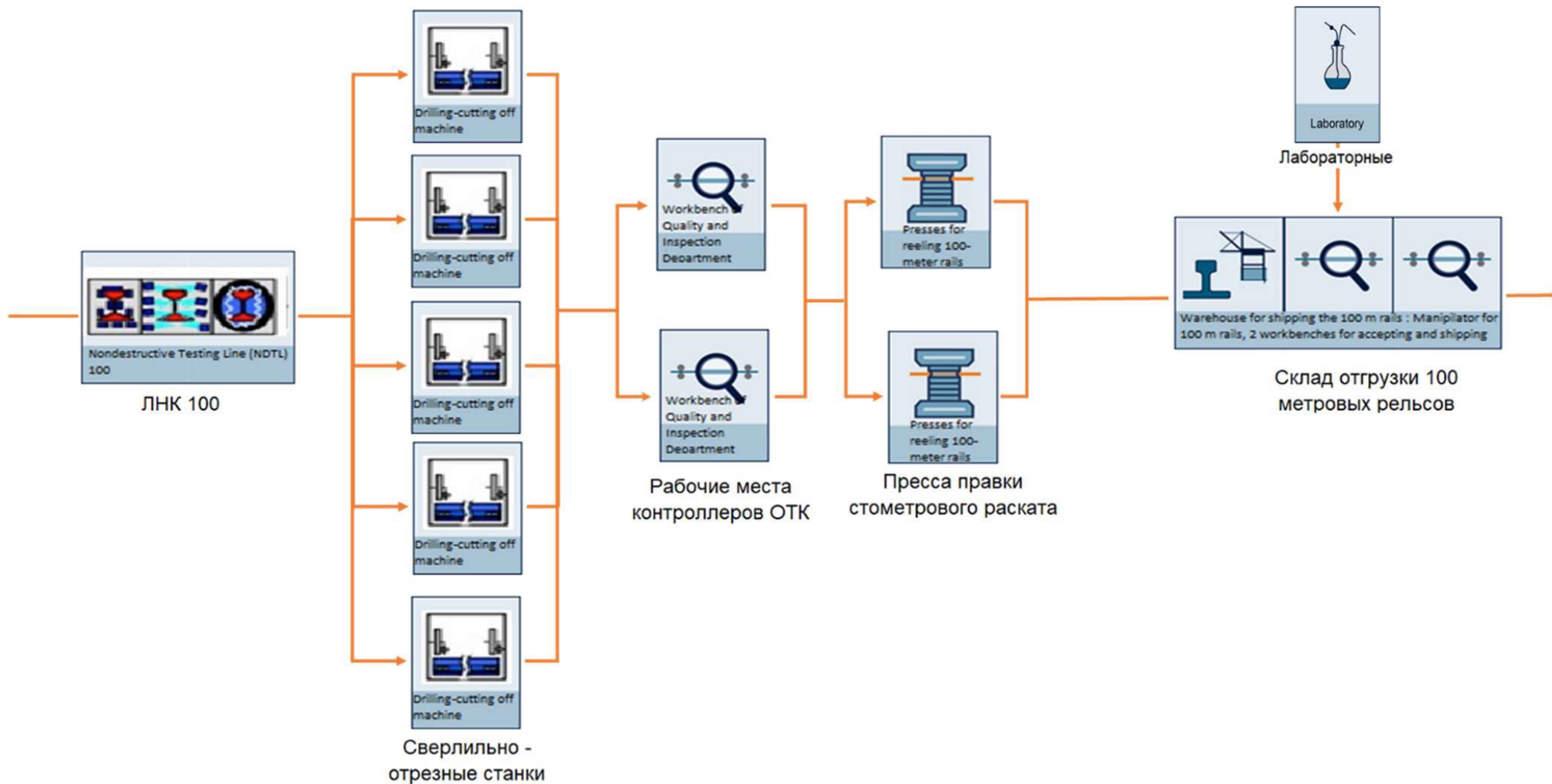
Рельсобалочный цех

5



Участок отделки и отгрузки

6



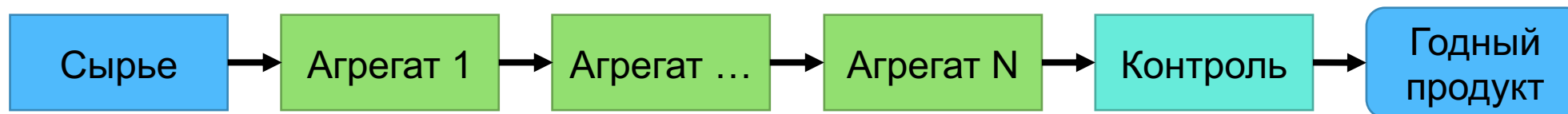
Чего же мы хотим?

7

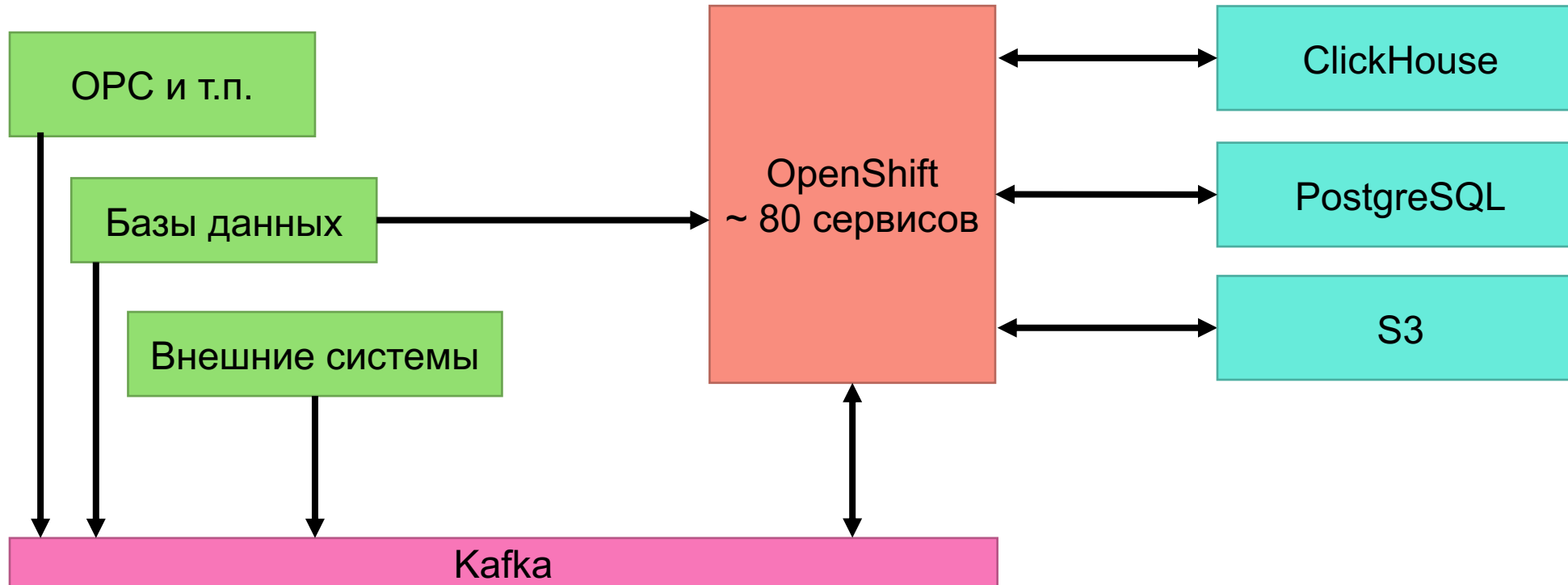


Хотим знать как можно раньше!

- Плавим
- Разливаем в заготовки
- Разогреваем
- Прокатываем, закаливаем, охлаждаем
- Правим, получаем продукт
- Контроль качества – узнаем, годный ли получился продукт



Общая схема



~ 100 модулей, ~ 1 500 сигналов

10

Модуль	Идентификатор
Агрегат ковш-печь 1	lf.lf1
Ручей 1. Кристаллизатор	ccm.str1.md
Клеть U0	mill.u0
ДЗР Восточный рольганг	hhu.east
ГРПМ Калибр 1	rsm.h.roll1

Сигнал	Идентификатор
Масса стальковша БРУТТО АРМ 1 (ППС1)	ccm.lad1.metal-weight-gross
Расход воды на кристаллизатор контур b ручей 1	ccm.str1.md.cr_b.water-flow
Скорость разливки НЛЗ ручья №1	ccm.str1.casting-speed
Тег id заготовки на клетки	mill.u0.billet-id
Нагрузка горизонтальных валков клетки	mill.u0.fest-load-hor-roll
Фактическое значение осевого смещения	mill.u0.hax-act-srg
ВРПМ. Датчик металла	rsm.v-metal-detector

Данные за 1.5 года

ClickHouse 15 таблиц, объем ~1.5 TB

Таблица	~ Объем	~ Строк
unit-signal-values_rp-01_float64	1.22 TB	$251 * 10^9$
lot-values_time-series_rp-01_float64	77.65 GB	$9 * 10^9$
lot-values_time-series_rp-01_decimal3	46.06 GB	$27 * 10^9$

PostgreSQL ~70 таблиц, объем ~ 159 GB

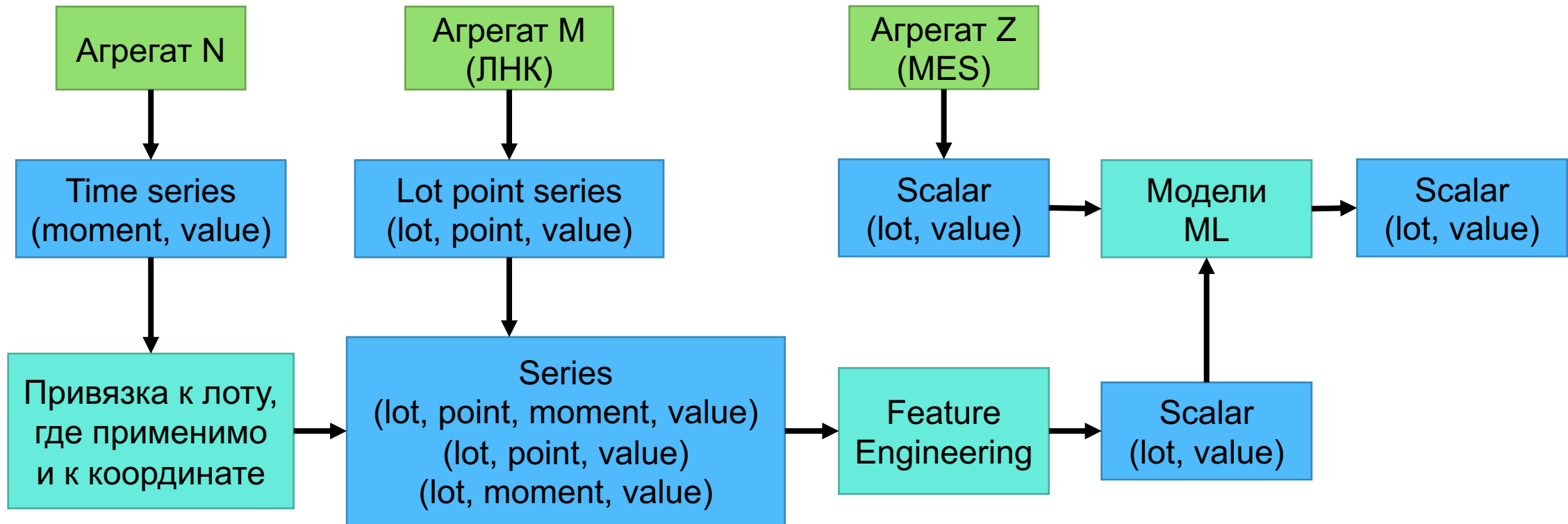
Таблица	~ Объем	~ Строк
mes.model_signal_scalar_values_float64_lot_n_m	10 GB	$215 * 10^6$
mes.model_lot_cuts	864 MB	$8 * 10^6$
mes.doc001ts5_scalar_values_float64	371 MB	$2 * 10^6$

Сигналы – наш инструмент!

12



Сигналы Series и Scalar



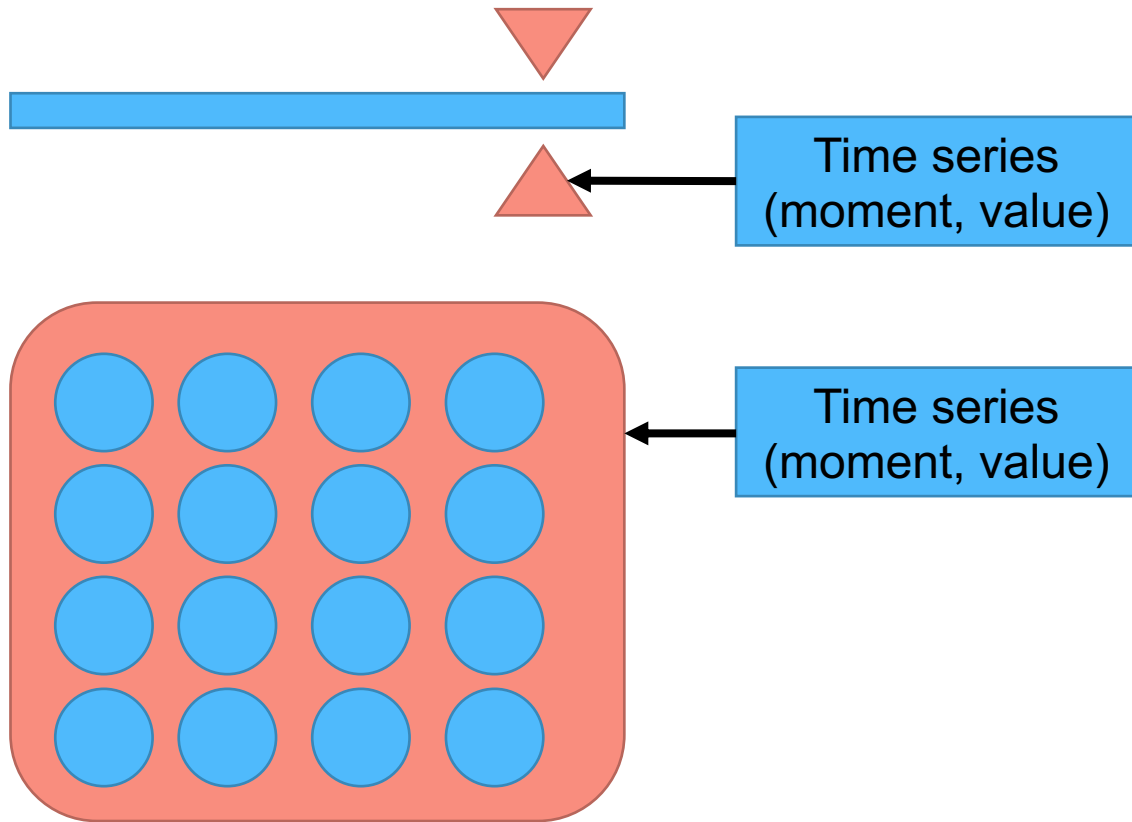
Лучшие практики

1. Разметка сплошных данных
2. Сигналы моделей
3. Рассчитанные координаты храним как сигнал
4. Новые агрегации (feature) создает пользователь сам
5. Результаты ML-моделей храним как единичные сигналы

1. Разметка сплошных данных



1. Разметка сплошных данных



1. Разметка сплошных данных

ClickHouse

```
1 CREATE TABLE db9684.`unit-signal-values_rp-01_float64`  
2 (  
3     `moment` DateTime64(6, 'UTC'),  
4     `value` Float64,  
5     `unit_signal_id` Int32,  
6     ...  
7 )
```

PostgreSQL

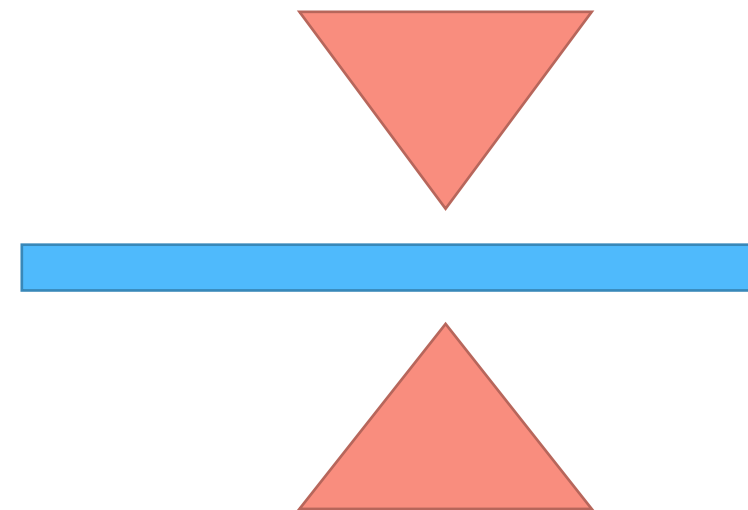
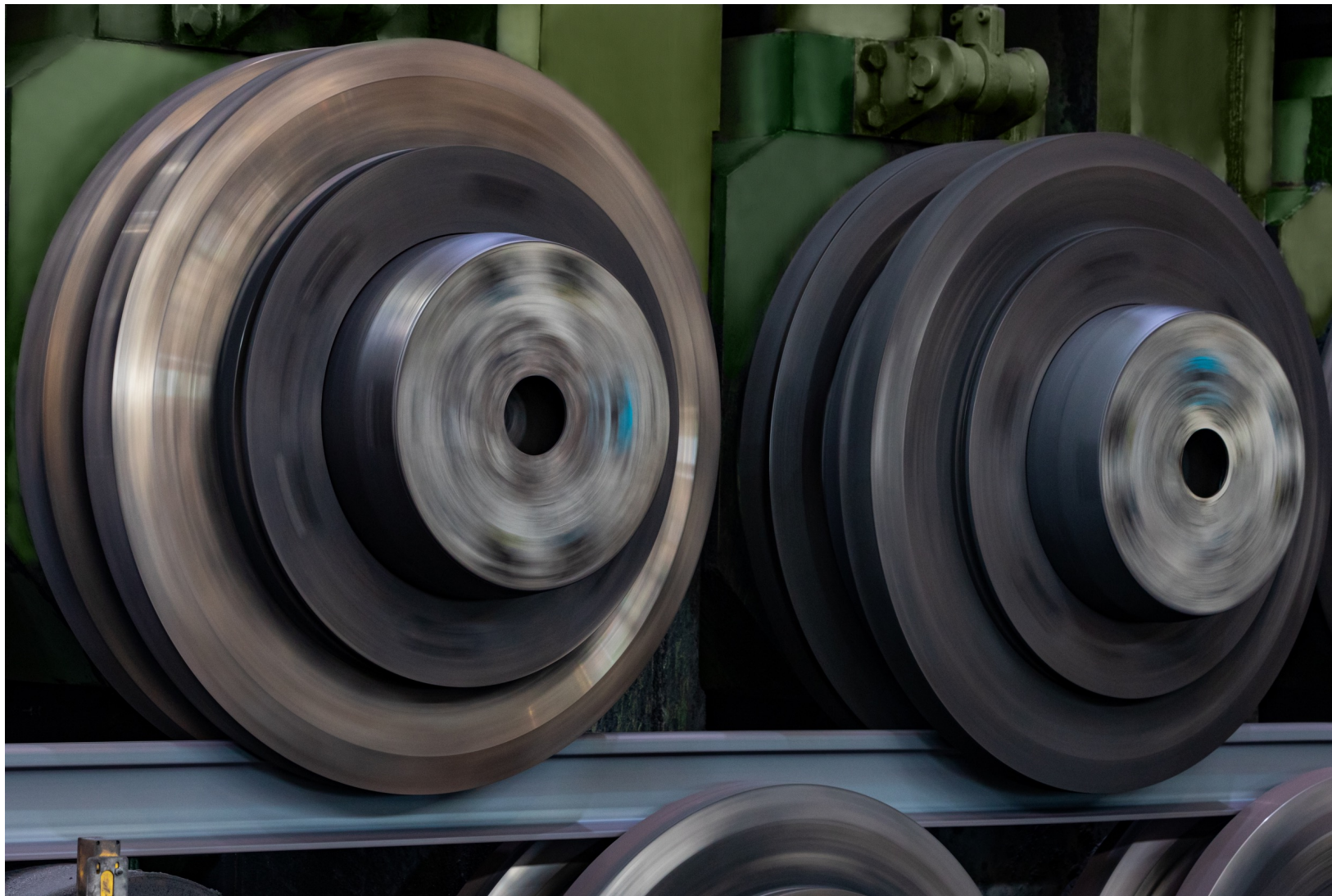
```
1 CREATE TABLE mes.model_lot_cuts (  
2     id serial4 NOT NULL,  
3     -- Модель  
4     model_id int4 NOT NULL,  
5     -- Производственный модуль  
6     unit_id int2 NOT NULL,  
7     -- Лот  
8     lot_id int8 NOT NULL,  
9     -- Время создания  
10    created_at timestampz ...,  
11    -- Время начала нарезки сигналов  
12    start_moment timestampz NOT NULL,  
13    -- Время окончания нарезки сигналов  
14    end_moment timestampz NOT NULL,  
15    -- Количество точек (измерений) за период нарезки  
16    points_qty int2 NOT NULL,  
17    -- Максимальное значение из рассчитанных точек  
18    points_max float4 NOT NULL,  
19    -- Разница между end_moment и moment на модуле, в секундах  
20    "offset" float8 NOT NULL,  
21    CONSTRAINT pk_model_lot_cuts_id PRIMARY KEY (id)  
22 );
```

2. Сигналы моделей



2. Сигналы моделей

19

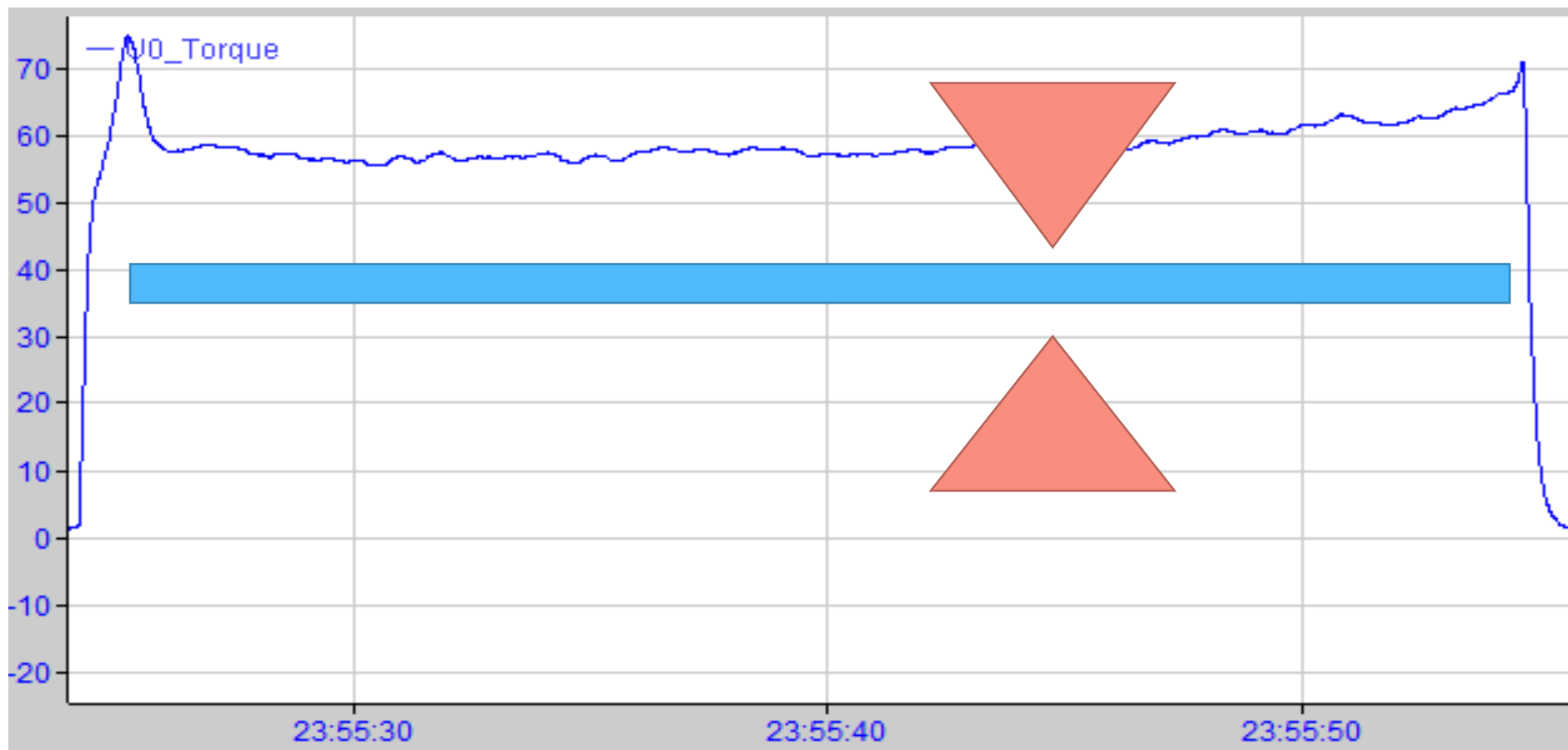


2. Сигналы моделей

20

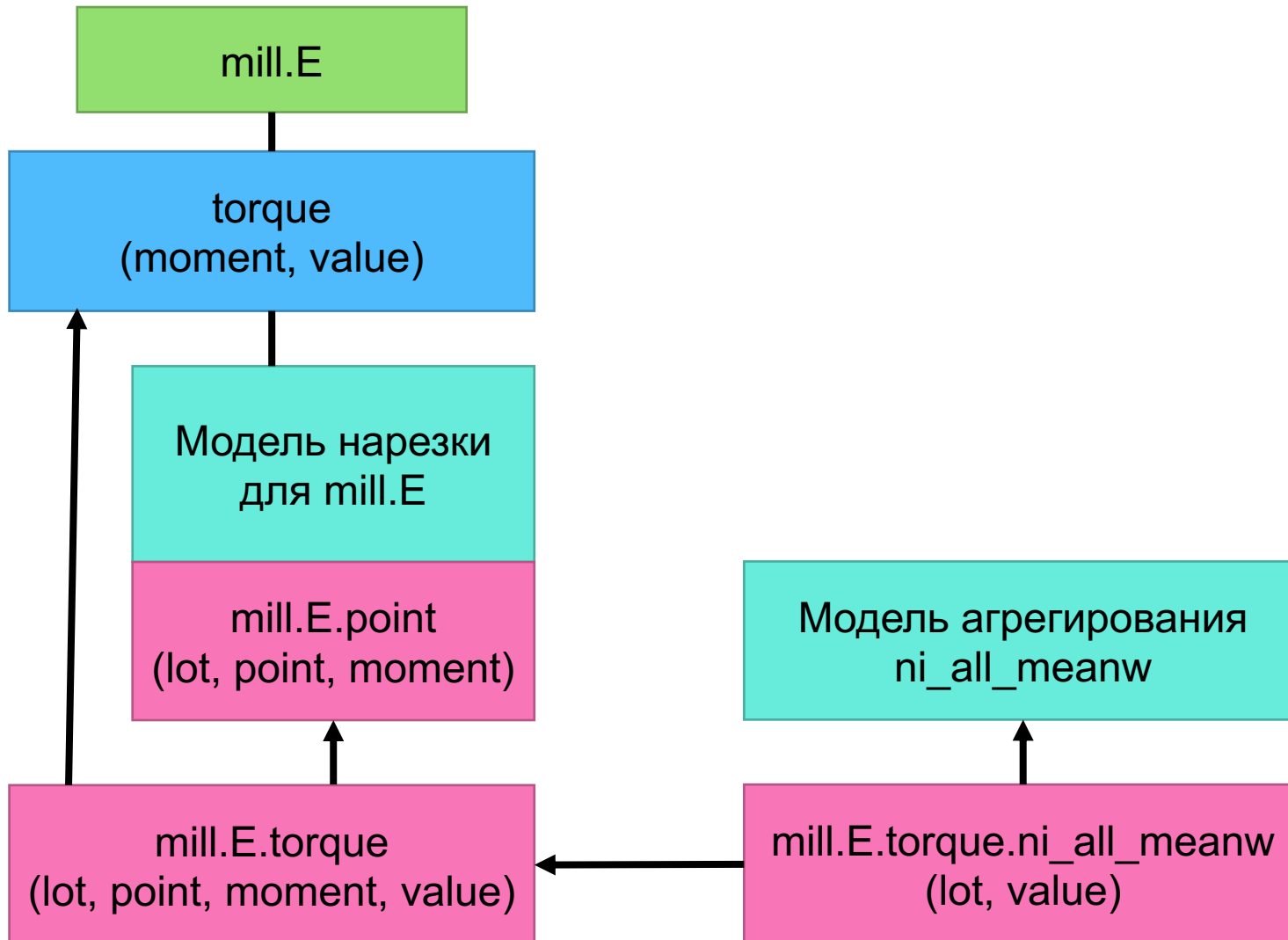
Модель нарезки:

- 1) определяет интервал времени
- 2) может породить координаты



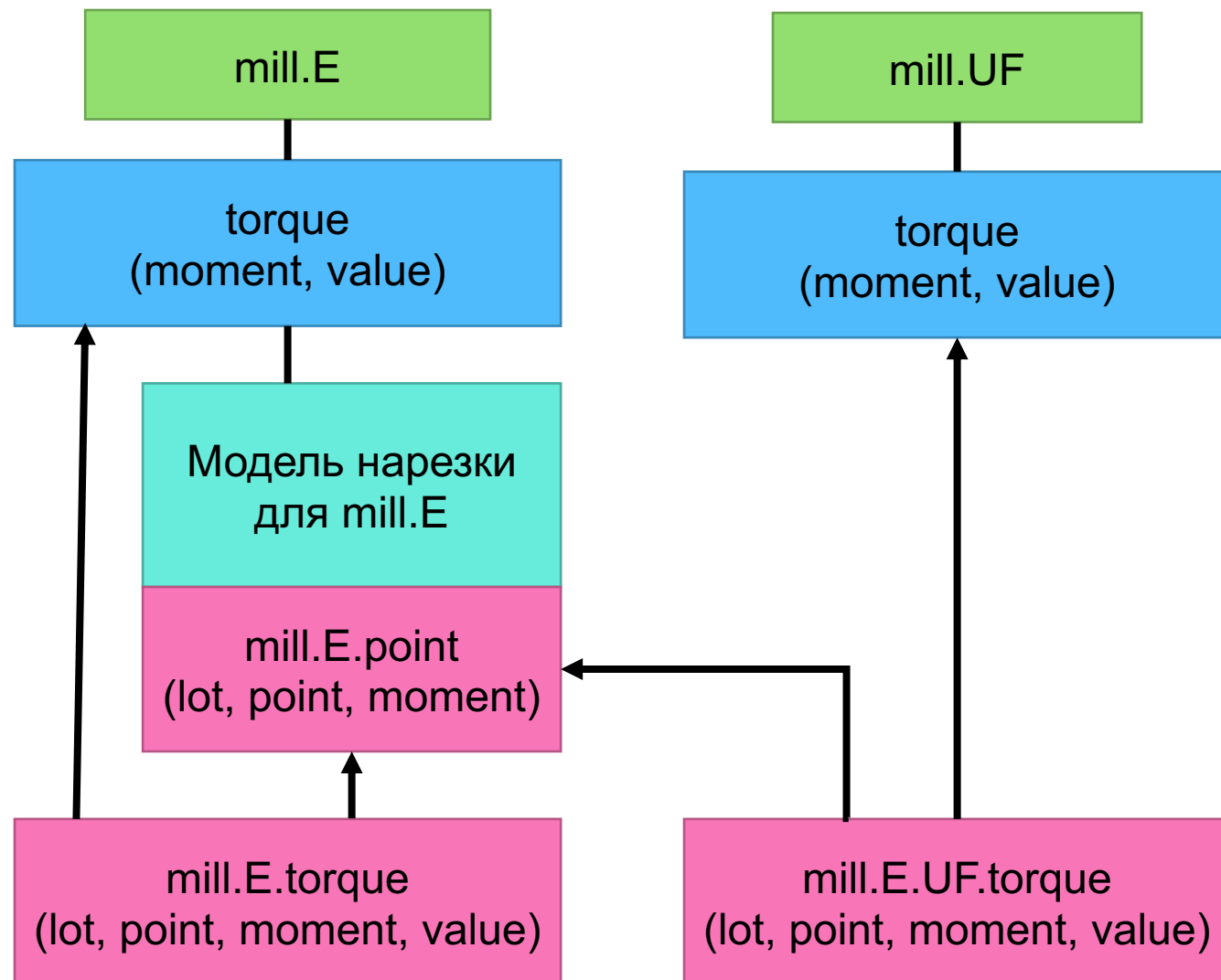
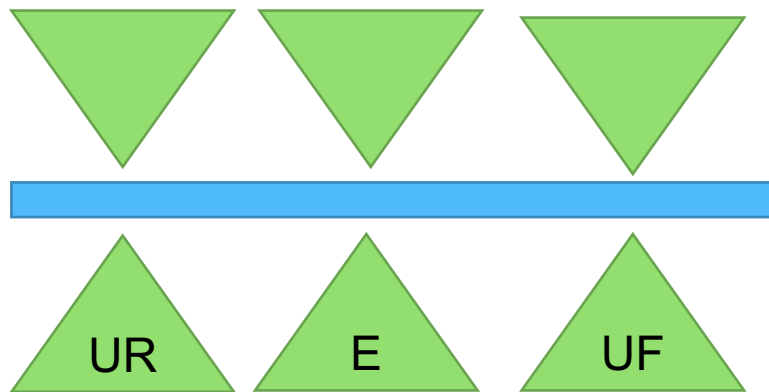
2. Сигналы моделей

21



2. Сигналы моделей

22



2. Сигналы моделей. Unit signal

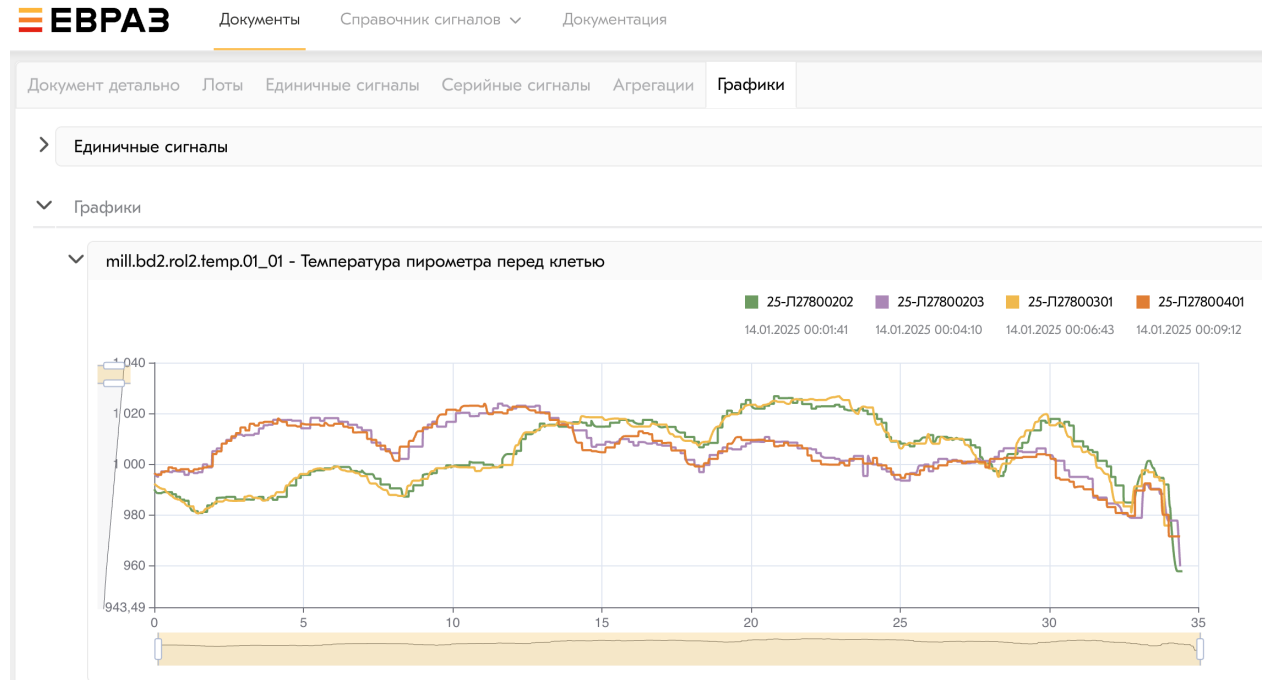
```
CREATE TABLE mes.unit_signals (  
  id serial4 NOT NULL,  
  -- Производственный модуль, FK mes.units  
  unit_id int2 NOT NULL,  
  -- Статус (Рабочий/Отключен)  
  status_id int2 NULL,  
  -- Уникальный идентификатор  
  ident varchar(100) NOT NULL,  
  -- Сигнальное место контроллера  
  source_place varchar(250) NULL,  
  -- Источник (ОПС и т.п.), FK mes.unit_signal_sources  
  source_id int4 NOT NULL,  
  -- Место хранения значений сигнала, FK mes.storage_places  
  storage_place_id int2 NOT NULL,  
  ...  
);
```

Ident	
ccm.lad1.metal-weight-gross	
ccm.str1.casting-speed	
ccm.str4.st5.steel-solid-fraction	
mill.u0.hax-act-srg	
rsm.v-metal-detector	
Comment	
Масса стальнойовша БРУТТО АРМ 1 (ППС1)	
Скорость разлива НЛЗ ручья №1	
Твердая фаза на тянущем валике st5. Ручей 4	
Фактическое значение осевого смещения	
ВРПМ. Датчик металла	
Source_Place	
S7:[mnlz1_dgen]DB_XX1,REAL26	
S7:[mnlz1_d1]DB_XX2,REAL28	
S7:[mnlz1_d4]DB_XX3,REAL1028	
HD_TCS\[A:XX1]	
HD_Cooling\[B.XX2]	

2. Сигналы моделей. Model signal

24

```
CREATE TABLE mes.model_signals (  
    id serial4 NOT NULL,  
    -- Уникальный идентификатор  
    ident varchar(100) NOT NULL,  
    -- Производственный модуль, FK mes.units  
    unit_id int2 NOT NULL,  
    -- Модель нарезки, FK mes.models  
    model_id int4 NOT NULL,  
    -- Сигнал агрегата, FK mes.unit_signals  
    -- от которого образован данный сигнал  
    unit_signal_id int4 NULL,  
    -- Сигнал модели, FK mes.model_signals  
    -- от которого образован данный сигнал  
    model_signal_id int4 NULL,  
    -- Метод агрегации, FK mes.model_signal_agg_methods  
    agg_method_id int4 NULL,  
    -- Флаг, показывающий, является ли сигнал шаблоном для другого  
    is_template bool NULL,  
    -- Шаблон сигнала, FK mes.model_signals  
    template_id int4 NULL,  
    -- Место хранения значений сигнала, FK mes.storage_places  
    storage_place_id int2 NULL,  
    -- Источник сигнала, FK mes.model_signal_sources  
    source_id int2 NOT NULL,  
    -- Тип сигнала, series, scalar  
    signal_type int2 NOT NULL,  
    ...  
);
```

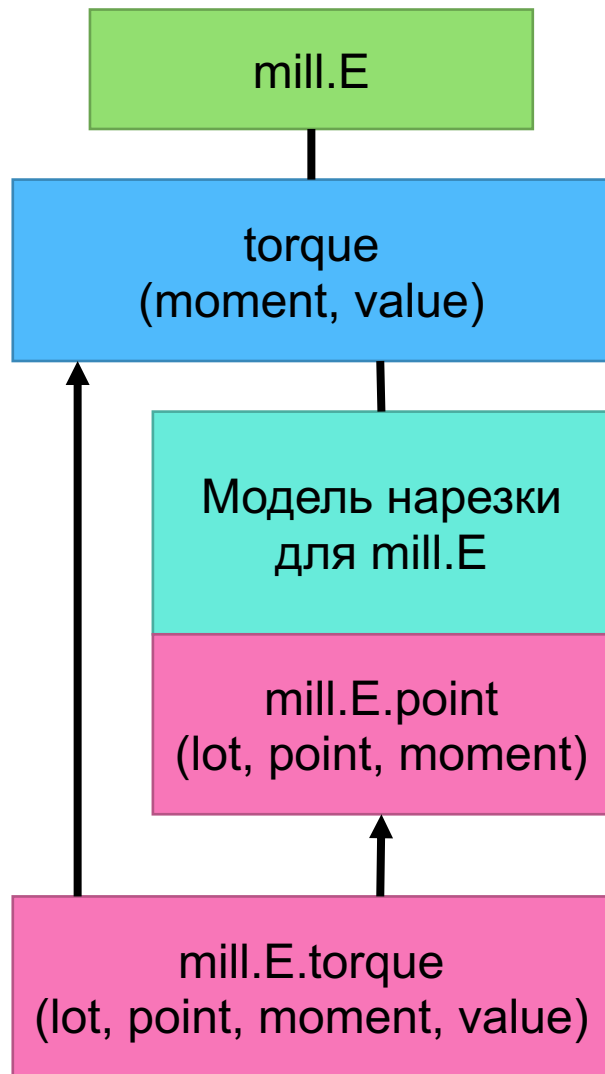


3. Точки храним как сигнал

25



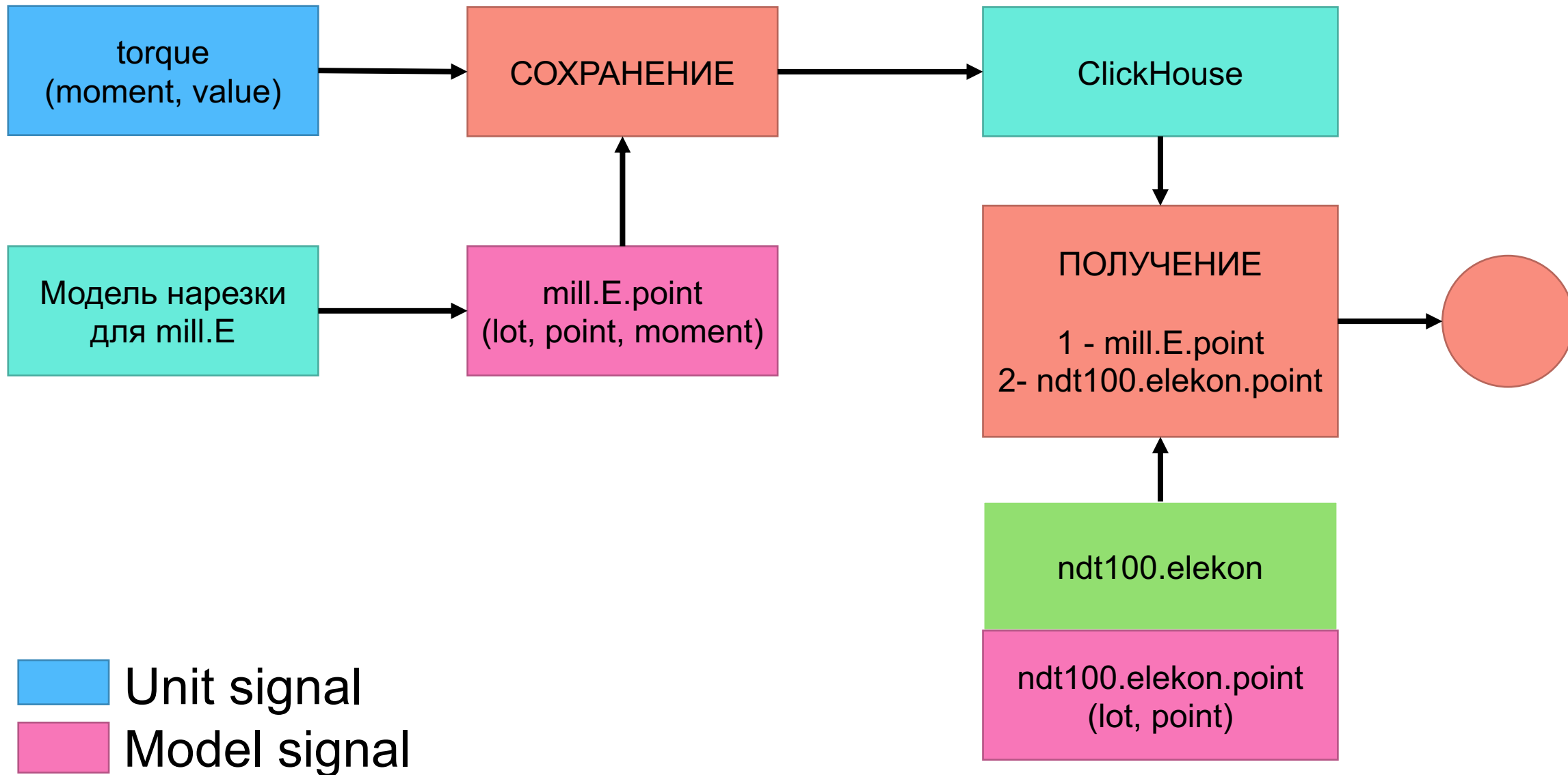
3. Точки храним как сигнал



- Нарезка порождает результаты – точки (координаты)
- Сначала их хранили и обрабатывали частным случаем
- Потом поняли, что это такой же сигнал, «порожденный» моделью нарезки

3. Точки храним как сигнал

27

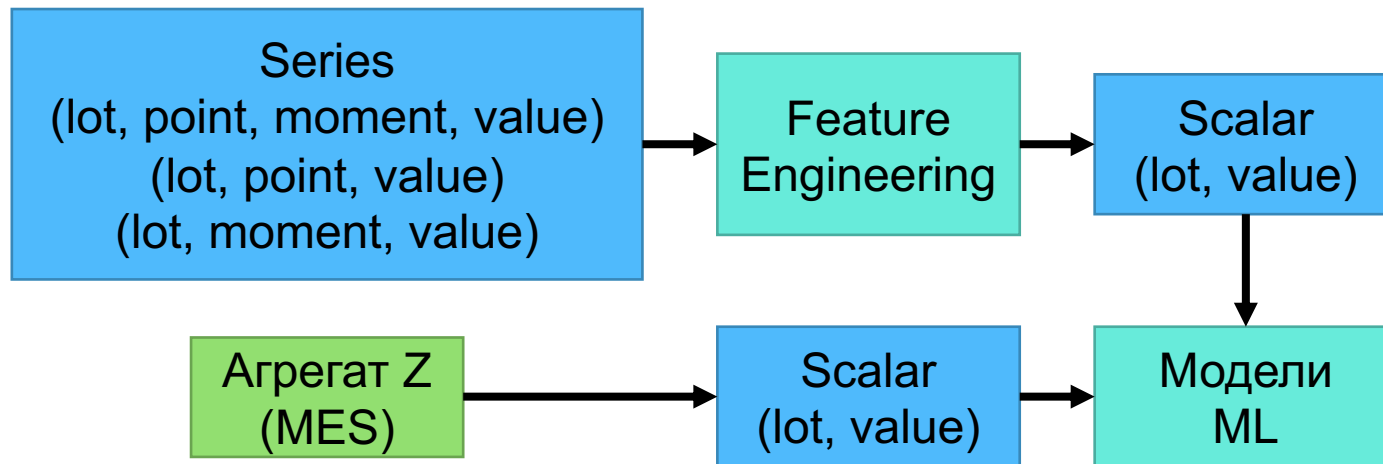


4. Расчет агрегаций в едином подходе



4. Расчет агрегаций в едином подходе

29



Добавить агрегации

Модель агрегации
Модель агрегации по длине лота

Зона
С головы лота

Начальная точка
0

Конечная точка
7

Интерполяция
103

Функция агрегации
☐ min
☒ max
☒ meanw
☐ median
☐ stdw
☐ count
☐ tg

Добавить

Отмена

4. Расчет агрегаций

Модели агрегации

- по длине лота
- по Y-координате нахождения заготовки в ПШБ
- по фазе нагрева/паузы в АКП
- по времени

Агрегации

- ni_all_max
- i103.0_h0.0-3.0_meanw
- Y_20-30_meanw
- t_start_period1.0-1.0_meanw

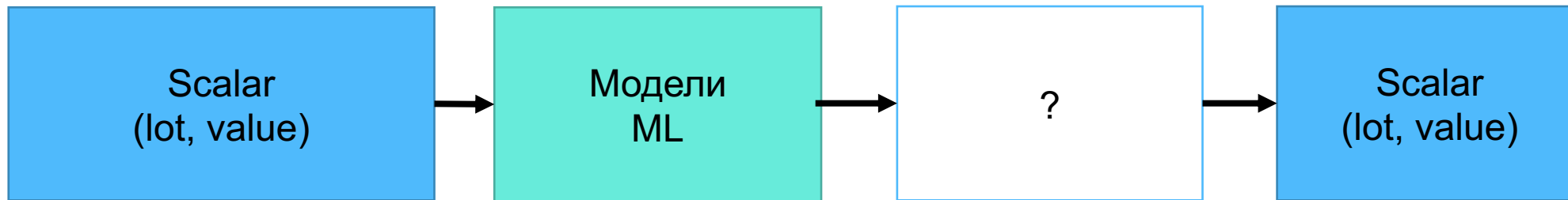
Метод расчета

- predetermined
- flexible

5. Результаты ML-моделей храним как единичные сигналы



5. Результаты ML-моделей храним как единичные сигналы



5. Результаты ML-моделей храним как единичные сигналы

- Добавление новых ML-моделей без изменения структуры БД
- К результатам ML-применим весь функционал единичных сигналов. Визуализация, выгрузка
- Возможность построения конвейера ML моделей

Как этим пользуются?

34



Реквизиты

Идентификатор	489
Агрегат	
Дата создания	29.08.2025 17:16:34
Дата изменения	29.08.2025 17:16:34
Кол-во лотов	16
Кол-во единичных сигналов	5
Кол-во серийных сигналов	3
Кол-во агрегаций	1
Создан пользователем	Andrey Pochekutov
Изменен пользователем	Andrey Pochekutov
Статус	Создан
Комментарий	Для конференции industrial

Параметры загрузки (csv)

- ☐ Лоты
- ☐ Единичные predetermined (в т.ч. внешних систем)
- ☐ Единичные гибкие
- ☐ Серийные
- ☐ Время обработки на агрегате для единичных сигналов

Отчеты

Дата создания	Время обновления	Создал	Файл	Статус	Текущий этап	Этапов вып./всего
---------------	------------------	--------	------	--------	--------------	-------------------

Нет данных

+ Добавить лоты

Кол-во элементов: 500



Всего: 16



Очистить список лотов

	№	В график	Серия	Плавка	Марка	Заготовка	Время реза МГР	Начало на BD1
☐	1	☒	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800202	10.01.2025 23:58:02	13.01.2025 23:59:19
☐	2	☒	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800203	11.01.2025 00:11:20	14.01.2025 00:01:48
☐	3	☒	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800301	10.01.2025 23:44:10	14.01.2025 00:04:19
☐	4	☒	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800401	10.01.2025 23:45:04	14.01.2025 00:06:50
☐	5	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800201	10.01.2025 23:44:43	13.01.2025 23:46:50
☐	6	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800101	10.01.2025 23:44:52	13.01.2025 23:44:08
☐	7	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800302	10.01.2025 23:57:32	14.01.2025 00:14:19
☐	8	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800102	10.01.2025 23:58:11	13.01.2025 23:54:19
☐	9	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800402	10.01.2025 23:58:24	14.01.2025 00:16:51
☐	10	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800303	11.01.2025 00:10:55	14.01.2025 00:19:20
☐	11	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800103	11.01.2025 00:11:27	13.01.2025 23:56:50
☐	12	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800403	11.01.2025 00:11:40	14.01.2025 00:21:51
☐	13	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800304	11.01.2025 00:24:19	14.01.2025 00:09:19
☐	14	☐	1-25-0010	Э02-25-7800	76ХФ	25-Л27800204	11.01.2025 00:24:38	13.01.2025 23:51:50



1

+ Добавить сигналы

Коли-во элементов: 500

Рабочий блок: Без фильтра

Всего: 5

Отфильтровано: 5

Очистить список сигналов

	№	Идентификатор	Прим.	Блок	Рабочее место	Модель	Класс материала	Агр-ция
☐	1	ccm.str.weight-actual	Фактический вес заготовки	Ручей (ccm.str)	ccm	out.db.billets	Заготовки	
☐	2	wbf.weight.l2	Вес (кг)	ПШБ (wbf.unit)	rbrs	wbf.l2	Заготовки	
☐	3	mill.u0.length-rail	Длина раската, мм	Клеть U0 (mill.u0)	mill	out.db.ndt100	Заготовки	
☐	4	ndt100.ematest100.rail-length	Длина рельса	Ематест 100 (СУЗК) (ndt100.ematest100)	ndt100	out.db.ndt100	Заготовки	
☐	5	ndt100.ipsrnk.rail-length	Длина рельса	ИПСРНК (ndt100.ipsrnk)	ndt100	out.db.ndt100	Заготовки	

+ Добавить сигналы

Коли-во элементов: 500

Рабочий блок: Без фильтра

Всего: 3

Отфильтровано: 3

Очистить список сигналов

	№	Идентификатор	Прим.	Блок	Рабочее место	Модель	Класс материала
☐	 1	mill.bd2.rol2.lot-points.01	Координаты на заготовке	Второй прокат второй чер новой клетки (mill.bd2.rol2)	mill	mill.stand.01	 Заготовки
☐	 2	mill.bd2.rol2.temp.01_01	Температура пирометра пе ред клетью	Второй прокат второй чер новой клетки (mill.bd2.rol2)	mill	mill.stand.01_01	 Заготовки
☐	 3	mill.e.rol2.lot-points.01	Координаты на заготовке	Второй прокат клетки E (mil l.e.rol2)	mill	mill.stand.01	 Заготовки

+ Добавить агрегации

Коли-во элементов: 500

Всего: 1

Отфильтровано: 1

Очистить список агрегаций

№	Имя	Модель	Тип	Зона	Нач. точка	Кон. точка	Инт-ция	Смещение	Длительность	№ фазы	Последующие фПрепроц.
1	ni_all_meanw	lot-length	meanw	all							

Единичные сигналы

ident -	ccm.str.weight-actual - Фактический вес заготовки	wbf.weight.l2 - Вес (кг)	mill.u0.length-rail - Длина раската, мм	ndt100.ematest100.rail-length - Длина рельса	ndt100.ipsrnk.rail-length - Длина рельса
25-Л27800202	6728,0	6819	104930,0	103309,0	104100
25-Л27800203	6728,0	6806	104980,0	103350,0	103725
25-Л27800301	6726,0	6806	104870,0	103217,0	104025
25-Л27800401	6730,0	6844	105060,0	103337,0	104150

Графики

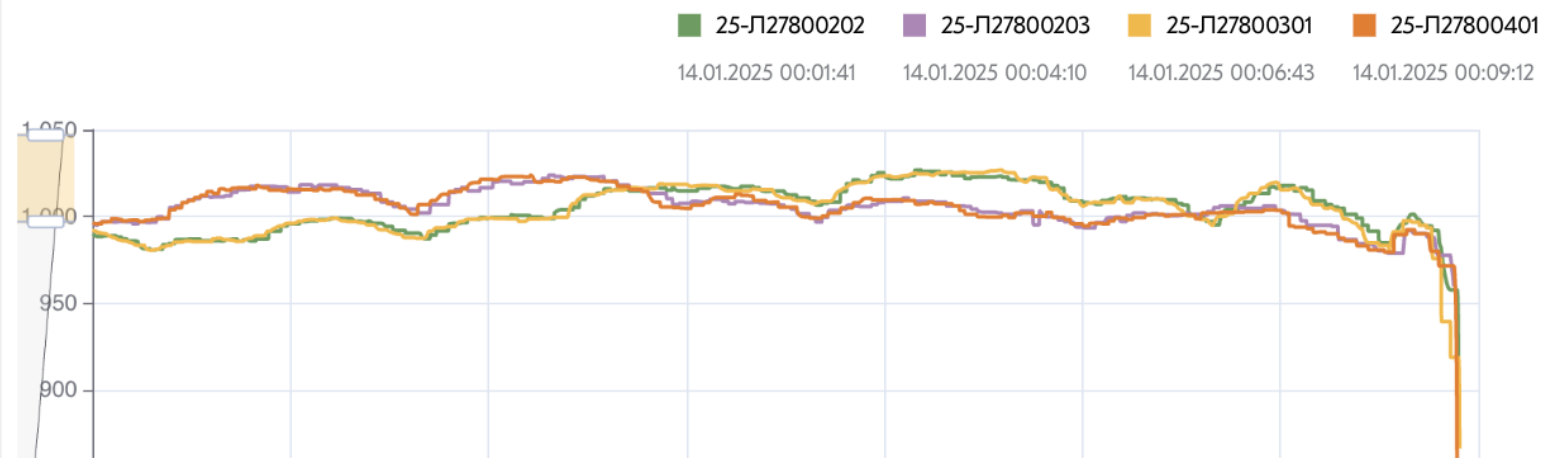
- > mill.bd2.rol2.temp.01_01 - Температура пирометра перед клетью
- > mill.bd2.rol2.lot-points.01 - Координаты на заготовке
- > mill.e.rol2.lot-points.01 - Координаты на заготовке

Единичные сигналы

ident -	ccm.str.weight-actual - Фактический вес заготовки	wbf.weight.l2 - Вес (кг)	mill.u0.length-rail - Длина раската, мм	ndt100.ematest100.rail-length - Длина рельса	ndt100.ipsrnk.rail-length - Длина рельса
25-Л27800202	6728,0	6819	104930,0	103309,0	104100
25-Л27800203	6728,0	6806	104980,0	103350,0	103725
25-Л27800301	6726,0	6806	104870,0	103217,0	104025
25-Л27800401	6730,0	6844	105060,0	103337,0	104150

Графики

mill.bd2.rol2.temp.01_01 - Температура пирометра перед клетью



Заданные значения

Начальное значение по Y

980

Конечное значение по Y

1200

Оставьте ОТЗЫВ 😊



Почекутов Андрей
tg: @pochekutov



Industrial++
2025