

# Задача

Проблематика:

- В современных банках продуктовые команды имеют ограниченные ресурсы на техническую оптимизацию (например, 1 технический спринт в квартал). При этом отсутствует объективная информация о том, какие этапы кредитного процесса создают наибольшие задержки и влияют на общую скорость обработки заявок. Руководство не имеет инструментов для оценки эффективности проведенных оптимизаций и принятия решений о дальнейших направлениях развития. Системные аналитики вынуждены полагаться на субъективные оценки заинтересованных сторон вместо данных о реальной производительности системы.

В рамках задачи необходимо:

- Провести анализ AS-IS процесса: изучить предоставленную BPMN-модель кредитного процесса и датасет с временными метриками, выявить критические узкие места и проблемные участки.

# Загрузка данных

```
In [18]: import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from datetime import datetime
import plotly.express as px
import plotly.graph_objects as go
from plotly.subplots import make_subplots
import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')

# Настройка стиля графиков
plt.style.use('seaborn-v0_8')
sns.set_palette("husl")

# Загружаем данные основного процесса
main_process_data = pd.read_excel('Основной процесс расчета лимита.xlsx', sheet_
main_tasks_ref = pd.read_excel('Основной процесс расчета лимита.xlsx', sheet_name='Справочник задач')
main_incidents = pd.read_excel('Основной процесс расчета лимита.xlsx', sheet_name='Справочник событий')

# Загружаем данные подпроцесса БКИ
bki_process_data = pd.read_excel('Подпроцесс Обращения в БКИ.xlsx', sheet_name='Подпроцесс Обращения в БКИ')
bki_tasks_ref = pd.read_excel('Подпроцесс Обращения в БКИ.xlsx', sheet_name='Справочник задач')
bki_incidents = pd.read_excel('Подпроцесс Обращения в БКИ.xlsx', sheet_name='Справочник событий')
```

```
print("Основной процесс - форма данных:", main_process_data.shape)
print("Подпроцесс БКИ - форма данных:", bki_process_data.shape)
```

Основной процесс - форма данных: (165999, 5)  
Подпроцесс БКИ - форма данных: (85410, 5)

In [19]: # Автосохранение графиков

```
def save_fig(name):
    plt.savefig(f'{name}.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
    print(f"График сохранен как {name}.png")
```

## Предварительный анализ данных

```
In [20]: def analyze_data_quality(df, df_name):
    initial_count = len(df)
    print(f"\n🔍 **АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ДАННЫХ: {df_name.upper()}**")
    print(f"{'-'*40}")
    print(f"    Исходное количество записей: {initial_count:,}").replace(',', ' ')
    print()

    # Анализ пропусков в ключевых полях
    key_columns = ['application_id', 'element_id', 'start_date', 'end_date']
    missing_key_data = df[key_columns].isnull().sum()

    print(f"\n📊 **ПРОПУСКИ В КЛЮЧЕВЫХ ПОЛЯХ:**")
    total_missing = 0
    for col in key_columns:
        missing_count = missing_key_data[col]
        missing_percent = (missing_count / initial_count) * 100
        if missing_count > 0:
            print(f"    ⚠️ {col}: {missing_count:,} ({missing_percent:.1f}%)".replace(',', ' '))
            total_missing += missing_count
        else:
            print(f"    ✓ {col}: пропусков нет")

    # Анализ некорректных длительностей
    negative_time = len(df[df['duration_seconds'] <= 0])
    negative_percent = (negative_time / initial_count) * 100

    print(f"\n⌚ **АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ:**")
    print(f"    • Записей с отрицательной/нулевой длительностью: {negative_time:,} ({negative_percent:.1f}%)")

    # Анализ выбросов
    duration_threshold = df['duration_seconds'].quantile(0.90)
    outliers = len(df[df['duration_seconds'] > duration_threshold])
    outliers_percent = (outliers / initial_count) * 100

    print(f"    • Выбросов (>90 процентиль): {outliers:,} ({outliers_percent:.1f}%)")
    print(f"    • Порог выбросов: {duration_threshold:.2f} сек")

    print(f"    • Выбросов (>95 процентиль): {outliers_1:,} ({outliers_percent_1:.1f}%)")
    print(f"    • Порог выбросов: {duration_threshold_1:.2f} сек")
```

```

# Сводная статистика
print(f"\n\n    **СВОДНАЯ СТАТИСТИКА ОЧИСТКИ:**")
would_remove = total_missing + negative_time + outliers
would_keep = initial_count - would_remove
keep_percent = (would_keep / initial_count) * 100

print(f"    • Всего было бы удалено записей: {would_remove:,} ({would_remove/}
print(f"    • Осталось бы записей: {would_keep:,} ({keep_percent:.1f}%)".repl

return {
    'initial_count': initial_count,
    'missing_count': total_missing,
    'negative_duration': negative_time,
    'outliers': outliers,
    'would_keep': would_keep,
    'keep_percent': keep_percent
}

print(f"\n{'='*60}")
print("📊 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ДАННЫХ")
print(f"{'='*60}")

# Анализируем оба набора данных
main_quality = analyze_data_quality(main_process_data, "Основной процесс")
bki_quality = analyze_data_quality(bki_process_data, "Подпроцесс БКИ")

# Сравнительная статистика
print(f"\n{'='*60}")
print("📋 СРАВНИТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА")
print(f"{'='*60}")
print(f"Основной процесс: {main_quality['would_keep']:,} записей осталось бы ({main_quality['keep_percent']}%")
print(f"Подпроцесс БКИ: {bki_quality['would_keep']:,} записей осталось бы ({bki_quality['keep_percent']}%")

```

=====

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ДАННЫХ

=====

### \*\*АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ДАННЫХ: ОСНОВНОЙ ПРОЦЕСС\*\*

-----  
Исходное количество записей: 165 999

#### \*\*ПРОПУСКИ В КЛЮЧЕВЫХ ПОЛЯХ:\*\*

- ✓ application\_id: пропусков нет
- ✓ element\_id: пропусков нет
- ✓ start\_date: пропусков нет
- ✓ end\_date: пропусков нет

#### \*\*АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ:\*\*

- Записей с отрицательной/нулевой длительностью: 20 000 (12.0%)
- Выбросов (>90 процентиль): 16 466 (9.9%)
- Порог выбросов: 78.00 сек
- Выбросов (>95 процентиль): 8 272 (5.0%)
- Порог выбросов: 143.00 сек

#### \*\*СВОДНАЯ СТАТИСТИКА ОЧИСТКИ:\*\*

- Всего было бы удалено записей: 36 466 (22.0%)
- Осталось бы записей: 129 533 (78.0%)

### \*\*АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ДАННЫХ: ПОДПРОЦЕСС БКИ\*\*

-----  
Исходное количество записей: 85 410

#### \*\*ПРОПУСКИ В КЛЮЧЕВЫХ ПОЛЯХ:\*\*

- ✓ application\_id: пропусков нет
- ✓ element\_id: пропусков нет
- ✓ start\_date: пропусков нет
- ✓ end\_date: пропусков нет

#### \*\*АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ:\*\*

- Записей с отрицательной/нулевой длительностью: 18 980 (22.2%)
- Выбросов (>90 процентиль): 8 534 (10.0%)
- Порог выбросов: 245.00 сек
- Выбросов (>95 процентиль): 4 202 (4.9%)
- Порог выбросов: 272.00 сек

#### \*\*СВОДНАЯ СТАТИСТИКА ОЧИСТКИ:\*\*

- Всего было бы удалено записей: 27 514 (32.2%)
- Осталось бы записей: 57 896 (67.8%)

=====

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА

=====

Основной процесс: 129 533 записей осталось бы (78.0%)

Подпроцесс БКИ: 57 896 записей осталось бы (67.8%)

## **Краткий вывод: Данные для приоритизации оптимизации**

**Ключевой инсайт:**

- **Подпроцесс БКИ является главным кандидатом на оптимизацию.** Он не только имеет наихудшее качество данных (после очистки теряется 32% записей), но и значительные задержки (порог выбросов в 245 сек. существенно выше, чем в основном процессе).

**Рекомендация:** Начать оптимизацию с подпроцесса БКИ. Исправив его, мы устраним главное "узкое место" и получим измеримый результат, который оправдывает выделение ресурсов на дальнейшие улучшения.

## Очистка данных

```
In [21]: # убираем явные мусорные записи (отрицательное время, нулевые длительности без с

def clean_process_data(df):
    # Удаляем записи с пропусками в ключевых полях
    df_clean = df.dropna(subset=['application_id', 'element_id', 'start_date', ''])

    # Удаляем записи с отрицательным временем
    df_clean = df_clean[df_clean['duration_seconds'] > 0]

    return df_clean

main_process_data = clean_process_data(main_process_data)
bki_process_data = clean_process_data(bki_process_data)

print(main_process_data.shape[0])
print(bki_process_data.shape[0])
```

145999  
66430

## Объединение датафреймов

```
In [22]: # Добавляем incident_count в основные данные процесса
incident_keys = set(main_incidents[['application_id', 'element_id']].itertuples())

# Добавляем столбец incident_count в main_process_data
main_process_data['incident_count'] = main_process_data.apply(
    lambda row: 1 if (row['application_id'], row['element_id']) in incident_keys
    axis=1
)

# Для ВКИ данных
if not bki_incidents.empty:
    incident_key = set(bki_incidents[['application_id', 'element_id']].itertuples())
    bki_process_data['incident_count'] = bki_process_data.apply(
        lambda row: 1 if (row['application_id'], row['element_id']) in incident_key
        axis=1
    )
else:
    bki_process_data['incident_count'] = 0

# Добавляем тип процесса
main_process_data['process_type'] = 'main'
```

```

bki_process_data['process_type'] = 'bki'

# ОБЪЕДИНЕМ С СПРАВОЧНИКАМИ ЭЛЕМЕНТОВ

# Объединяем main_process_data с main_tasks_ref по element_id
main_enriched = main_process_data.merge(
    main_tasks_ref[['element_id', 'element_name']],
    on='element_id',
    how='left'
)

# Объединяем bki_process_data с bki_tasks_ref по element_id
bki_enriched = bki_process_data.merge(
    bki_tasks_ref[['element_id', 'element_name']],
    on='element_id',
    how='left'
)

# Заполняем пропущенные названия элементов (если есть)
main_enriched['element_name'] = main_enriched['element_name'].fillna(main_enriched['element_name'])
bki_enriched['element_name'] = bki_enriched['element_name'].fillna(bki_enriched['element_name'])

# ОБЪЕДИНЕМ ВСЕ ДАННЫЕ В ОДНУ ТАБЛИЦУ
full_process_data = pd.concat([main_enriched, bki_enriched], ignore_index=True)

print("Объединенные данные со справочниками:")
print(f"Размер: {full_process_data.shape}")
print(f"Колонки: {full_process_data.columns.tolist()}")
print(f"\nТипы процессов: {full_process_data['process_type'].value_counts().to_dict()}")
print(f"Уникальных элементов: {full_process_data['element_id'].nunique()}")
print(f"Уникальных названий: {full_process_data['element_name'].nunique()}")

```

Объединенные данные со справочниками:

Размер: (212429, 8)

Колонки: ['application\_id', 'element\_id', 'start\_date', 'end\_date', 'duration\_seconds', 'incident\_count', 'process\_type', 'element\_name']

Типы процессов: {'main': 145999, 'bki': 66430}

Уникальных элементов: 26

Уникальных названий: 24

## Расчет базовых метрик по элементам

```

In [23]: #анализ временных паттернов
full_process_data['start_date'] = pd.to_datetime(full_process_data['start_date'])
full_process_data['hour'] = full_process_data['start_date'].dt.hour
full_process_data['day_of_week'] = full_process_data['start_date'].dt.dayofweek
full_process_data['month'] = full_process_data['start_date'].dt.month

# Анализ по часам и дням недели
hourly_metrics = full_process_data.groupby('hour').agg({
    'duration_seconds': 'mean',
    'application_id': 'count'
}).rename(columns={'application_id': 'requests_count'})

daily_metrics = full_process_data.groupby('day_of_week').agg({
    'duration_seconds': 'mean',
    'application_id': 'count'
})

```

```

}).rename(columns={'application_id': 'requests_count'})

print("☒ МЕТРИКИ ПО ЧАСАМ СУТОК:")
print(hourly_metrics.round(2))
print("\n" + "="*50 + "\n")

print("▣ МЕТРИКИ ПО ДНЯМ НЕДЕЛИ:")
print(daily_metrics.round(2))

```

☒ МЕТРИКИ ПО ЧАСАМ СУТОК:

	duration_seconds	requests_count
hour		
0	54.01	9441
1	52.70	9808
2	52.62	8508
3	53.14	8875
4	52.41	9046
5	50.80	8907
6	55.48	8488
7	50.53	8499
8	54.91	9461
9	50.80	9076
10	52.73	8754
11	51.29	8742
12	50.79	9126
13	54.57	8672
14	51.55	8539
15	54.48	8491
16	50.60	8564
17	51.01	8480
18	51.41	8552
19	52.90	8687
20	53.68	9190
21	55.05	8882
22	50.15	8801
23	50.97	8840

---

▣ МЕТРИКИ ПО ДНЯМ НЕДЕЛИ:

	duration_seconds	requests_count
day_of_week		
0	52.47	29660
1	51.44	29376
2	53.82	31368
3	51.30	31713
4	54.63	32157
5	52.01	28500
6	51.27	29655

In [24]:

```

# анализ последовательностей процессов
def analyze_process_sequences(df):
    sequences = df.sort_values(['application_id', 'start_date']).groupby('application_id')
    return sequences

# Поиск наиболее частых последовательностей
from collections import Counter

def find_common_sequences(sequences, top_n=10):
    sequence_counter = Counter(map(tuple, sequences))

```

```

    return sequence_counter.most_common(top_n)

# Применение
sequences = analyze_process_sequences(full_process_data)
common_sequences = find_common_sequences(sequences)
print("Топ-10 наиболее частых последовательностей:")
for seq, count in common_sequences:
    print(f"Последовательность: {seq[:5]}... - {count} выполнений")

```

Топ-10 наиболее частых последовательностей:

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 1572 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 1114 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 853 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 722 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 716 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Activity\_05x71h2', 'Activity\_033yu25')... - 510 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 503 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 337 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 287 выполнений

Последовательность: ('Activity\_00jbzh', 'n2', 'Gateway\_1yrkm1p', 'Gateway\_0h0kb6b', 'n3')... - 286 выполнений

```
In [25]: def calculate_element_metrics(df, incidents_df):
    """
    Расчет метрик производительности и надежности элементов процесса
    """

    # Базовые метрики выполнения
    element_metrics = df.groupby(['element_id', 'element_name']).agg({
        'duration_seconds': ['count', 'mean', 'median', 'std', 'min', 'max'],
        'application_id': 'nunique'
    }).round(2)

    # Упрощаем названия колонок
    element_metrics.columns = [
        'count_executions', 'mean_duration', 'median_duration',
        'std_duration', 'min_duration', 'max_duration', 'unique_applications'
    ]
    element_metrics = element_metrics.reset_index()

    # Расчет весов
    total_executions = element_metrics['count_executions'].sum()
    element_metrics['weight'] = (element_metrics['count_executions'] / total_executions)

    # Метрики инцидентов
    incident_metrics = incidents_df.groupby('element_id').agg({
        'error_trace': 'count'
    }).reset_index()
    incident_metrics.columns = ['element_id', 'incident_count']

    # Объединение метрик
    element_metrics = element_metrics.merge(incident_metrics, on='element_id', h
```

```

element_metrics['incident_count'] = element_metrics['incident_count'].fillna(0)

# KPI надежности
element_metrics['kpi_no_incidents'] = round(
    (1 - element_metrics['incident_count'] / element_metrics['count_executions']) * 100
)

return element_metrics

def display_top_elements(df, metric, n=10, title="", columns=None):
    """
    функция для отображения топ-элементов
    """
    if columns is None:
        columns = ['element_name', 'count_executions', 'mean_duration', 'incident_count']

    available_columns = [col for col in columns if col in df.columns]
    top_elements = df.nlargest(n, metric)[available_columns]

    print("\n" + "="*60)
    print(title)
    print("="*60)
    print(top_elements.to_string(index=False, float_format='%.2f', max_colwidth=10))

# Объединение данных об инцидентах
all_incidents = pd.concat([main_incidents, bki_incidents], ignore_index=True)
print(f"📁 Объединено инцидентов: {len(all_incidents)}")

# Расчет метрик
element_metrics = calculate_element_metrics(full_process_data, all_incidents)

# Вывод результатов
display_top_elements(
    element_metrics,
    metric='count_executions',
    n=10,
    title="📊 ТОП-10 ЭЛЕМЕНТОВ ПО КОЛИЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЙ"
)

display_top_elements(
    element_metrics,
    metric='mean_duration',
    n=10,
    title="⏰ ТОП-10 САМЫХ МЕДЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ"
)

display_top_elements(
    element_metrics,
    metric='incident_count',
    n=10,
    title="⚠️ ТОП-10 ЭЛЕМЕНТОВ С НАИБОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ИНЦИДЕНТОВ"
)

# Top-5 самых нестабильных элементов
if 'std_duration' in element_metrics.columns:
    display_top_elements(
        element_metrics,
        metric='std_duration',
        n=5,
    )

```

```
        title="☒ ТОП-5 САМЫХ НЕСТАБИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ",
        columns=['element_name', 'std_duration', 'mean_duration', 'count_executi
    )
```

📁 Объединено инцидентов: 23

=====

📊 ТОП-10 ЭЛЕМЕНТОВ ПО КОЛИЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЙ

		element_name	count_executions	mean_duration	incident_count
	kpi_no_incidents				
100.00		Начало процесса	10000	5.99	0
100.00		Данных достаточно?	10000	1.50	0
100.00		Проверить сведения клиента ...	10000	19.51	0
100.00		Конец расчета	9977	6.00	0
100.00		Обратиться в БКИ 2	9490	79.58	0
100.00		Сформировать заявку в БКИ	9490	239.12	0
100.00		Обратиться в БКИ 1	9490	59.61	0
100.00		Обращение в Бюро кредитных ...	9490	209.92	0
100.00		Обратиться в БКИ 3	9490	239.94	0
100.00		Определить актуальный списо...	9490	9.48	0
100.00					

=====

⚠️ ТОП-10 САМЫХ МЕДЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

		element_name	count_executions	mean_duration	incident_count
	kpi_no_incidents				
100.00		Обратиться в БКИ 3	9490	239.94	0
100.00		Сформировать заявку в БКИ	9490	239.12	0
100.00		Обращение в Бюро кредитных ...	9490	209.92	0
100.00		Проверить участие в закупка...	7593	84.02	23
99.70		Обратиться в Правру за свед...	9490	82.12	0
100.00		Обратиться в БКИ 2	9490	79.58	0
100.00		Обратиться в БКИ 1	9490	59.61	0
100.00		Обратиться в ФНС за бухгалт...	9490	59.51	0
100.00		Рассчитать лимит	6859	49.63	0
100.00		Рассчитать финансовые показ...	9490	29.54	0
100.00					

=====

⚠️ ТОП-10 ЭЛЕМЕНТОВ С НАИБОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ИНЦИДЕНТОВ

		element_name	count_executions	mean_duration	incident_count
	kpi_no_incidents				
		Проверить участие в закупка...	7593	84.02	23

99.70					
100.00	Начало процесса	10000	5.99		0
100.00	Конец расчета	9977	6.00		0
100.00	Обратиться в БКИ 2	9490	79.58		0
100.00	Установить статус заявки "0..."	510	2.92		0
100.00	Сформировать заявку в БКИ	9490	239.12		0
100.00	Обратиться в БКИ 1	9490	59.61		0
100.00	Обращение в Бюро кредитных ...	9490	209.92		0
100.00	Установить статус заявки "0..."	6859	3.01		0
100.00	Обратиться в БКИ 3	9490	239.94		0
100.00					

=====

### ТОП-5 САМЫХ НЕСТАБИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

	element_name	std_duration	mean_duration	count_executions
Проверить участие в закупка...	811.31	84.02	7593	
Обращение в Бюро кредитных ...	51.90	209.92	9490	
Обратиться в БКИ 3	34.53	239.94	9490	
Сформировать заявку в БКИ	34.43	239.12	9490	
Обратиться в БКИ 2	23.11	79.58	9490	

```
In [26]: print("⌚ АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ")
print("*60)

# Анализ по часам
print("\n📊 ПИКОВЫЕ ЧАСЫ НАГРУЗКИ:")
peak_hour = hourly_metrics['requests_count'].idxmax()
print(f"• Самый загруженный час: {peak_hour}:00 ({hourly_metrics.loc[peak_hour, 'duration_seconds']} секунд)")
print(f"• Среднее время в пиковый час: {hourly_metrics.loc[peak_hour, 'duration_mean']} секунд")

# Самый быстрый и медленный час
fastest_hour = hourly_metrics['duration_seconds'].idxmin()
slowest_hour = hourly_metrics['duration_seconds'].idxmax()
print(f"• Самый быстрый час: {fastest_hour}:00 ({hourly_metrics.loc[fastest_hour, 'duration_mean']} секунд)")
print(f"• Самый медленный час: {slowest_hour}:00 ({hourly_metrics.loc[slowest_hour, 'duration_mean']} секунд)

# Анализ по дням недели
days_map = {0: 'Понедельник', 1: 'Вторник', 2: 'Среда', 3: 'Четверг',
            4: 'Пятница', 5: 'Суббота', 6: 'Воскресенье'}

print("\n📅 ЗАГРУЗКА ПО ДНЯМ НЕДЕЛИ:")
busiest_day = daily_metrics['requests_count'].idxmax()
slowest_day = daily_metrics['duration_seconds'].idxmax()
print(f"• Самый загруженный день: {days_map[busiest_day]} ({daily_metrics.loc[busiest_day, 'duration_mean']} секунд)")
print(f"• Самый медленный день: {days_map[slowest_day]} ({daily_metrics.loc[slowest_day, 'duration_mean']} секунд)
```

## ① АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

---

### 📊 ПИКОВЫЕ ЧАСЫ НАГРУЗКИ:

- Самый загруженный час: 1:00 (9808 заявок)
- Среднее время в пиковый час: 52.7 сек
- Самый быстрый час: 22:00 (50.2 сек)
- Самый медленный час: 6:00 (55.5 сек)

### 📅 ЗАГРУЗКА ПО ДНЯМ НЕДЕЛИ:

- Самый загруженный день: Пятница (32157 заявок)
- Самый медленный день: Пятница (54.6 сек)

Данные однозначно показывают, что ключевой проблемой скорости является этап взаимодействия с Бюро кредитных историй (БКИ).

Главные инсайты:

- БКИ — главный "тормоз" процесса.
- 4 из ТОП-5 самых медленных этапов — это этапы БКИ.
- "Обратиться в БКИ 3" и "Сформировать заявку в БКИ" — лидеры по среднему времени (~240 сек.).

Эти же этапы являются самыми затратными по общему времени, потраченному системой.

"Проверить участие в закупках" — самый проблемный элемент.

Возглавляет общий рейтинг по комплексному показателю из-за крайней нестабильности (отклонение 811 сек. при среднем времени 84 сек.) и наибольшего количества инцидентов.

Это **ненадежное звено**, которое может приводить к непредсказуемым задержкам и сбоям.

## Визуализация результатов

```
In [27]: fig, axes = plt.subplots(2, 2, figsize=(15, 10))

# График 1: Количество заявок по часам
axes[0,0].plot(hourly_metrics.index, hourly_metrics['requests_count'], marker='o')
axes[0,0].set_title('Количество заявок по часам суток')
axes[0,0].set_xlabel('Час')
axes[0,0].set_ylabel('Количество заявок')
axes[0,0].grid(True, alpha=0.3)

# График 2: Среднее время по часам
axes[0,1].plot(hourly_metrics.index, hourly_metrics['duration_seconds'], marker='o')
axes[0,1].set_title('Среднее время выполнения по часам')
axes[0,1].set_xlabel('Час')
axes[0,1].set_ylabel('Среднее время (сек)')
axes[0,1].grid(True, alpha=0.3)

# График 3: Количество заявок по дням недели
```

```

daily_metrics['day_name'] = [days_map[i] for i in daily_metrics.index]
axes[1,0].bar(daily_metrics['day_name'], daily_metrics['requests_count'], color='red')
axes[1,0].set_title('Количество заявок по дням недели')
axes[1,0].set_ylabel('Количество заявок')
axes[1,0].tick_params(axis='x', rotation=45)

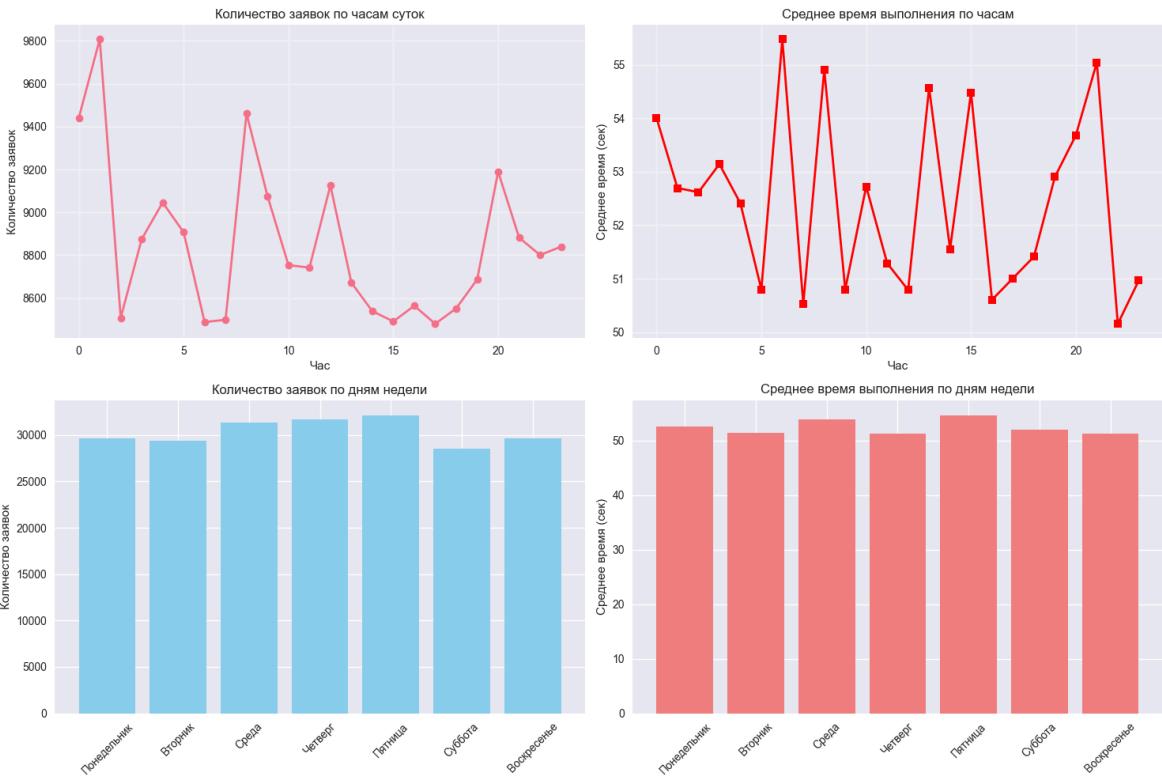
# График 4: Среднее время по дням недели
axes[1,1].bar(daily_metrics['day_name'], daily_metrics['duration_seconds'], color='blue')
axes[1,1].set_title('Среднее время выполнения по дням недели')
axes[1,1].set_ylabel('Среднее время (сек)')
axes[1,1].tick_params(axis='x', rotation=45)

plt.tight_layout()
save_fig('временные_метрики_анализ')

plt.show()

```

График сохранен как временные\_метрики\_анализ.png



In [ ]:

```

In [28]: # Детализированная визуализация БКИ процесса
bki_elements = bki_process_data.merge(bki_tasks_ref, on='element_id')

fig, axes = plt.subplots(2, 2, figsize=(15, 10))
fig.suptitle('Анализ БКИ процесса', fontsize=16, fontweight='bold')

# Время выполнения по элементам БКИ
bki_times = bki_elements.groupby('element_name')['duration_seconds'].mean().sort_values()
if not bki_times.empty:
    bki_times.head(10).plot(kind='barh', ax=axes[0,0], title='Топ-10 самых долгих элементов БКИ')
else:
    axes[0,0].text(0.5, 0.5, 'Нет данных', ha='center', va='center')
    axes[0,0].set_title('Топ-10 самых долгих элементов БКИ')

# Количество выполнений по элементам БКИ
bki_counts = bki_elements['element_name'].value_counts()

```

```

if not bki_counts.empty:
    bki_counts.head(10).plot(kind='bar', ax=axes[0,1], title='Топ-10 элементов по количеству выполнений')
else:
    axes[0,1].text(0.5, 0.5, 'Нет данных', ha='center', va='center')
    axes[0,1].set_title('Топ-10 элементов по количеству выполнений')

# Распределение времени для топ-5 элементов БКИ
top_bki_elements = bki_times.head(5).index if not bki_times.empty else []
top_bki_data = bki_elements[bki_elements['element_name'].isin(top_bki_elements)]

if not top_bki_data.empty:
    sns.boxplot(data=top_bki_data, x='duration_seconds', y='element_name', ax=axes[1,0])
    axes[1,0].set_title('Распределение времени для топ-5 элементов БКИ')
else:
    axes[1,0].text(0.5, 0.5, 'Нет данных', ha='center', va='center')
    axes[1,0].set_title('Распределение времени для топ-5 элементов БКИ')

# общая статистика БКИ процесса
axes[1,1].axis('off') # Отключаем оси
stats_text = []
stats_text.append("СТАТИСТИКА БКИ ПРОЦЕССА:")
stats_text.append(f"Всего записей: {len(bki_elements)}")
stats_text.append(f"Уникальных элементов: {bki_elements['element_name'].nunique()}")
if not bki_elements.empty and 'duration_seconds' in bki_elements.columns:
    stats_text.append(f"Среднее время: {bki_elements['duration_seconds'].mean():.1f}")
    stats_text.append(f"Макс. время: {bki_elements['duration_seconds'].max():.1f}")
    stats_text.append(f"Мин. время: {bki_elements['duration_seconds'].min():.1f}")
stats_text.append("Инциденты: нет данных")

axes[1,1].text(0.5, 0.5, '\n'.join(stats_text),
               ha='center', va='center', transform=axes[1,1].transAxes,
               fontsize=12, bbox=dict(boxstyle="round,pad=0.3", facecolor="lightblue"))
axes[1,1].set_title('Общая статистика БКИ')

plt.tight_layout()
save_fig('Детализированная_визуализация_БКИ')
plt.show()

```

График сохранен как Детализированная\_визуализация\_БКИ.png



```
In [29]: def create_detailed_visualizations(element_metrics, full_process_data):
    """Создает дополнительные аналитические визуализации"""

    # 1. Подготовка данных для визуализации

    # Рассчитываем вклад элементов в общее время
    total_time = element_metrics['mean_duration'] * element_metrics['count_executed']
    total_time_sum = total_time.sum()
    element_metrics['time_contribution_pct'] = (total_time / total_time_sum) * 100

    # Создаем метрики по заявкам
    application_metrics = full_process_data.groupby('application_id').agg({
        'duration_seconds': 'sum',
        'element_id': 'count',
        'incident_count': 'sum'
    }).reset_index()
    application_metrics = application_metrics.rename(columns={
        'duration_seconds': 'total_duration',
        'element_id': 'element_count'
    })

    # 2. Создаем визуализации
    fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(1, 2, figsize=(18, 8))
    fig.suptitle('Детальный анализ эффективности процессов', fontsize=16, fontweight='bold')

    # Круговая диаграмма вклада во время процесса
    top_time_contributors = element_metrics.nlargest(8, 'time_contribution_pct')
    others_time = max(0, 100 - top_time_contributors['time_contribution_pct'].sum())

    if not top_time_contributors.empty:
        # Вклад в общее время
        wedges, texts, autotexts = ax1.pie(
            list(top_time_contributors['time_contribution_pct']) + [others_time],
            labels=list(top_time_contributors['element_name']) + ['Остальные'],
            autopct='%1.1f%%',
            startangle=90
        )
    else:
        ax1.set_title('Нет данных для круговой диаграммы')

    # График распределения времени выполнения
    application_metrics['duration_mean'] = application_metrics['total_duration'] / application_metrics['element_count']
    application_metrics['duration_min'] = application_metrics['total_duration'] - application_metrics['total_duration'] * 0.05
    application_metrics['duration_max'] = application_metrics['total_duration'] + application_metrics['total_duration'] * 0.05
    application_metrics.boxplot(column='duration_mean', by='application_id', showmeans=True, showfliers=False)
    ax2.set_title('Распределение времени выполнения по заявкам')

    # График количества выполнений
    application_metrics['count_executed'] = application_metrics['element_count']
    application_metrics['count_executed'].hist(bins=10, color='blue')
    ax3.set_title('Распределение количества выполнений по заявкам')

    # График длительности выполнения
    application_metrics['duration_mean'].hist(bins=10, color='red')
    ax4.set_title('Распределение длительности выполнения по заявкам')
```

```

        )
        ax1.set_title('Вклад элементов в общее время процесса', fontweight='bold')
    else:
        ax1.text(0.5, 0.5, 'Нет данных для круговой диаграммы',
                 ha='center', va='center', transform=ax1.transAxes)
        ax1.set_title('Вклад элементов в общее время процесса', fontweight='bold')

# 2. Распределение времени заявок
if not application_metrics.empty:
    ax2.hist(application_metrics['total_duration']/ 60, bins=10, alpha=0.7,
            ax2.set_title('Распределение общего времени заявок', fontweight='bold')
    ax2.set_xlabel('Общее время (минуты)')
    ax2.set_ylabel('Количество заявок')

    if application_metrics['total_duration'].notna().any():
        median_time = application_metrics['total_duration'].median() / 60
        ax2.axvline(median_time, color='red', linestyle='--',
                    label=f'Медиана: {median_time:.1f} мин')
        ax2.legend()
else:
    ax2.text(0.5, 0.5, 'Нет данных о заявках',
             ha='center', va='center', transform=ax2.transAxes)
    ax2.set_title('Распределение общего времени заявок', fontweight='bold')

plt.tight_layout()
save_fig('дополнительные_анализы')
plt.show()

plt.tight_layout()
save_fig('дополнительные_анализы')
plt.show()
# 3. Heatmap корреляций для числовых признаков
numeric_columns = []
potential_columns = ['mean_duration', 'count_executions', 'incident_count',
                     'count_errors', 'error_rate']

for col in potential_columns:
    if col in element_metrics.columns and pd.api.types.is_numeric_dtype(element_metrics[col]):
        numeric_columns.append(col)

correlation_matrix = element_metrics[numeric_columns].corr()

plt.figure(figsize=(10, 8))
sns.heatmap(correlation_matrix, annot=True, cmap='coolwarm', center=0,
            square=True, fmt='.2f', cbar_kws={'shrink': .8})
plt.title('Матрица корреляций метрик элементов', fontweight='bold', pad=20)
plt.tight_layout()
save_fig('корреляции')
plt.show()

# 4. Дополнительная визуализация: соотношение выполнения и инцидентов
if 'incident_count' in element_metrics.columns and 'count_executions' in element_metrics.columns:
    plt.figure(figsize=(12, 8))
    scatter = plt.scatter(element_metrics['count_executions'],
                          element_metrics['incident_count'],
                          c=element_metrics['mean_duration'] if 'mean_duration' in element_metrics.columns
                          else np.zeros(len(element_metrics)), s=100, alpha=0.6, cmap='viridis')

    plt.title('Соотношение количества выполнений и инцидентов', fontweight='bold')
    plt.xlabel('Количество выполнений')
    plt.ylabel('Количество инцидентов')

```

```

        if 'mean_duration' in element_metrics.columns:
            plt.colorbar(scatter, label='Среднее время (сек)')

    # Добавляем аннотации для выбросов
    if not element_metrics.empty:
        top_incidents = element_metrics.nlargest(5, 'incident_count')
        for idx, row in top_incidents.iterrows():
            plt.annotate(row['element_name'] if 'element_name' in row else r
                         (row['count_executions'], row['incident_count'])),
            xytext=(5, 5), textcoords='offset points', fontsize=10)

    plt.grid(True, alpha=0.3)
    plt.tight_layout()
    save_fig('соотношение_инциденты')
    plt.show()

# Подготовка данных перед вызовом функции
def prepare_metrics_data(full_complete_data):
    """Подготавливает метрики из объединенных данных"""

    # Группируем по элементам для создания element_metrics
    element_metrics = full_complete_data.groupby('element_name').agg({
        'duration_seconds': ['mean', 'count'],
        'incident_count': 'sum',
        'application_id': 'nunique'
    }).reset_index()

    # Упрощаем мультииндекс колонок
    element_metrics.columns = ['element_name', 'mean_duration', 'count_execution']

    # Добавляем KPI без инцидентов
    element_metrics['kpi_no_incidents'] = 100 - (element_metrics['incident_count'])

    # Заменяем бесконечные значения и NaN
    element_metrics['kpi_no_incidents'] = element_metrics['kpi_no_incidents'].replace([float('inf'), float('-inf')], np.nan)
    element_metrics['kpi_no_incidents'] = element_metrics['kpi_no_incidents'].fillna(0)

    return element_metrics

# 2. Вызываем функцию визуализации
create_detailed_visualizations(element_metrics, full_process_data)

# Дополнительная информация о данных
print("\n== ИНФОРМАЦИЯ О ДАННЫХ ==")
print(f"Всего элементов: {len(element_metrics)}")
print(f"Колонки в element_metrics: {element_metrics.columns.tolist()}")
print(f"Диапазон времени выполнения: {element_metrics['mean_duration'].min():.2f} - {element_metrics['mean_duration'].max():.2f}")
if 'incident_count' in element_metrics.columns:
    print(f"Всего инцидентов: {element_metrics['incident_count'].sum()}")

```

График сохранен как дополнительные\_анализы.png

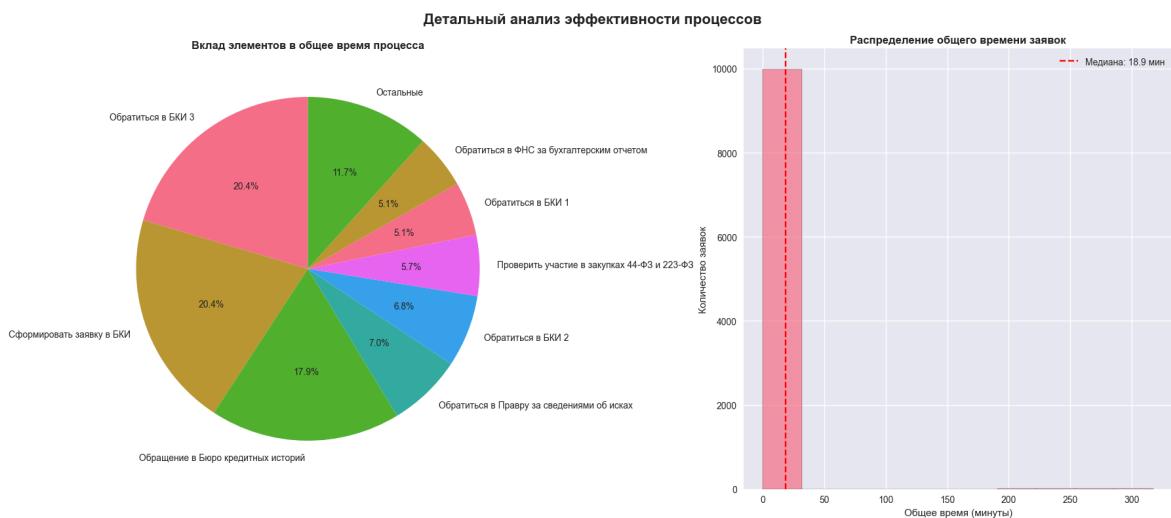


График сохранен как дополнительные\_анализы.png

<Figure size 800x550 with 0 Axes>

График сохранен как корреляции.png

**Матрица корреляций метрик элементов**

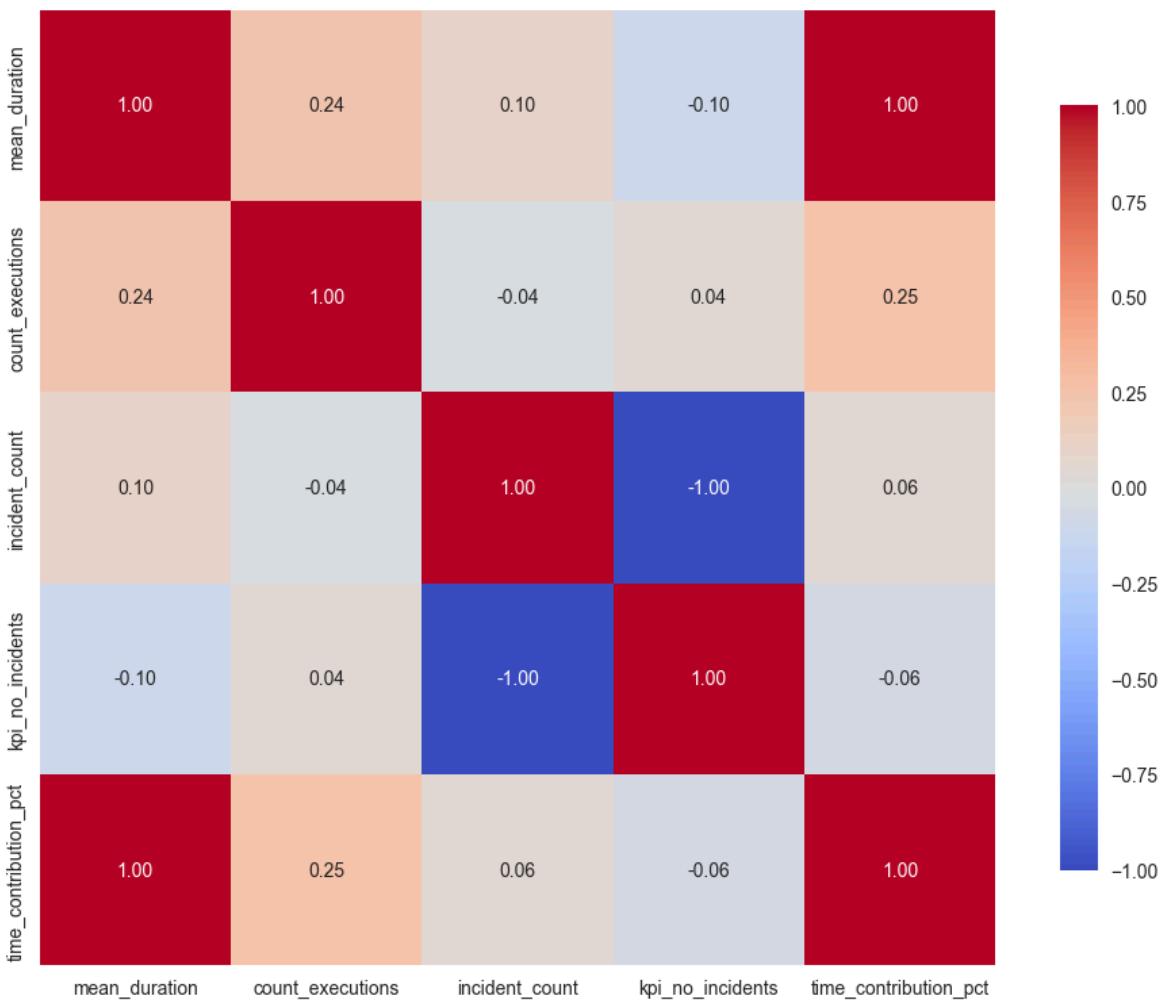
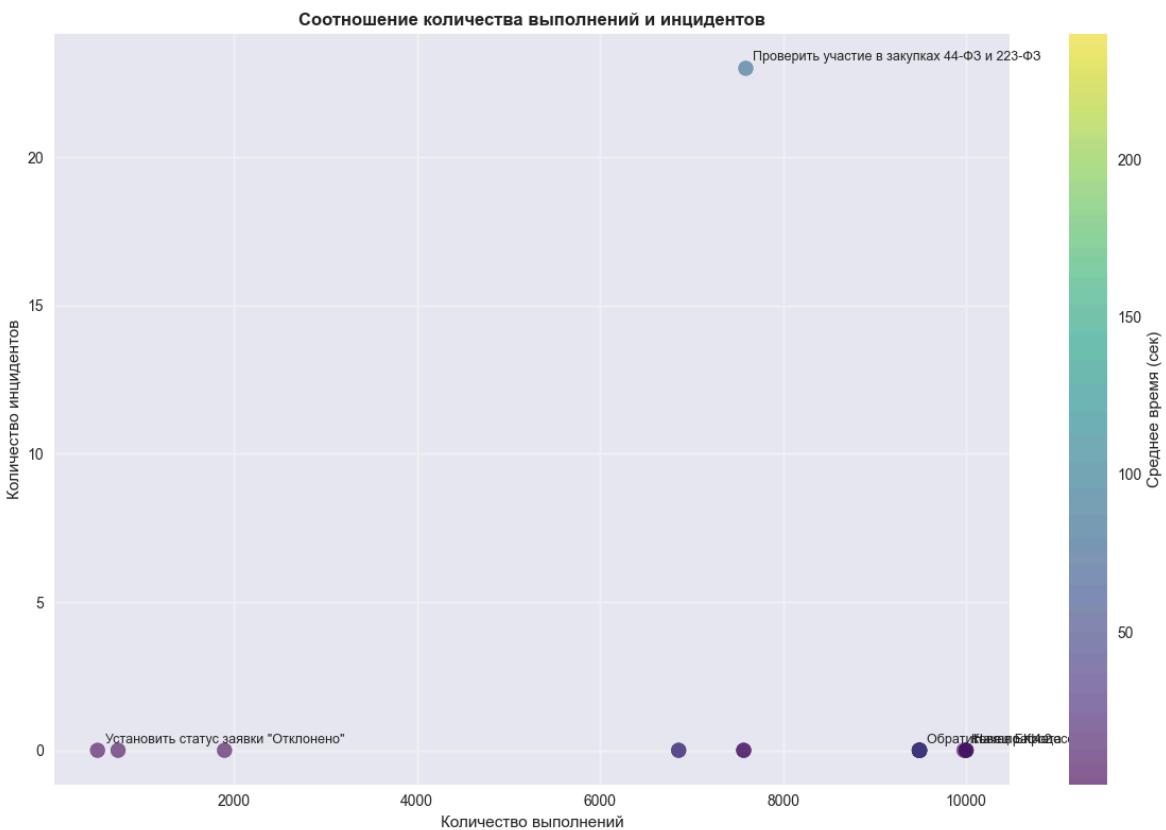


График сохранен как соотношение\_инциденты.png



==== ИНФОРМАЦИЯ О ДАННЫХ ===

Всего элементов: 26

Колонки в element\_metrics: ['element\_id', 'element\_name', 'count\_executions', 'mean\_duration', 'median\_duration', 'std\_duration', 'min\_duration', 'max\_duration', 'unique\_applications', 'weight', 'incident\_count', 'kpi\_no\_incidents', 'time\_contribution\_pct']

Диапазон времени выполнения: 1.49 - 239.94 сек

Всего инцидентов: 23

## Детальный анализ по заявкам

In [30]:

```
def calculate_application_metrics(df, incidents_df):
    """Рассчитывает метрики по каждой заявке"""

    # Общее время заявки
    app_duration = df.groupby('application_id').agg({
        'duration_seconds': 'sum',
        'element_id': 'count'
    }).reset_index()
    app_duration.columns = ['application_id', 'total_duration', 'steps_count']

    # Количество инцидентов по заявке
    app_incidents = incidents_df.groupby('application_id').agg({
        'error_trace': 'count'
    }).reset_index()
    app_incidents.columns = ['application_id', 'incidents_count']

    # Объединяем
    app_metrics = app_duration.merge(app_incidents, on='application_id', how='left')
    app_metrics['incidents_count'] = app_metrics['incidents_count'].fillna(0)
    app_metrics['has_incidents'] = app_metrics['incidents_count'] > 0

    return app_metrics
```

```

# Метрики по заявкам
application_metrics = calculate_application_metrics(full_process_data, all_incidents)

print("Статистика по заявкам:")
print(f"Среднее время обработки заявки: {application_metrics['total_duration'].mean()}")
print(f"Медианное время обработки заявки: {application_metrics['total_duration'].median()}")
print(f"Процент заявок без инцидентов: {(1 - application_metrics['has_incidents']).mean() * 100}%")


# Статистика по заявкам:
# Среднее время обработки заявки: 1114.24 сек
# Медианное время обработки заявки: 1132.00 сек
# Процент заявок без инцидентов: 99.77%

```

## Дополнительные углубленные метрики

```

In [31]: def calculate_advanced_metrics(element_metrics, full_process_data):
    """Расчет дополнительных метрик для заказчика"""

    # Вклад элемента в общее время процесса
    total_process_time = full_process_data['duration_seconds'].sum()
    element_metrics['time_contribution_pct'] = round(
        (element_metrics['mean_duration'] * element_metrics['count_executions'])
    )

    # Эффективность элементов (обратное время)
    element_metrics['efficiency_score'] = 1 / element_metrics['mean_duration']

    # Композитный score (время + инциденты)
    max_time = element_metrics['mean_duration'].max()
    element_metrics['composite_score'] = (
        (element_metrics['mean_duration'] / max_time) * 0.7 +
        (1 - element_metrics['kpi_no_incidents'] / 100) * 0.3
    )

    return element_metrics

# Расширенные метрики
advanced_metrics = calculate_advanced_metrics(element_metrics, full_process_data)

# Топ элементов для оптимизации
optimization_priority = advanced_metrics.nlargest(10, 'composite_score')[[
    'element_name', 'mean_duration', 'kpi_no_incidents', 'time_contribution_pct'
]]

# ПОНЯТНЫЙ ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ
print("🔍 ПРИОРИТЕТЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА")
print("=" * 70)
print("Рейтинг этапов от САМЫХ проблемных к менее проблемным:")
print()

for i, (_, row) in enumerate(optimization_priority.iterrows(), 1):
    print(f"{i} {row['element_name']}")

    print(f"🕒 Среднее время: {row['mean_duration']:.1f} сек")
    print(f"📊 Надежность: {row['kpi_no_incidents']}%")
    print(f"🎯 Вклад в общее время: {row['time_contribution_pct']}%")
    print(f"⚠️ Уровень проблемности: {row['composite_score']:.3f}")

    print()

```

## ПРИОРИТЕТЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА

=====

Рейтинг этапов от САМЫХ проблемных к менее проблемным:

- 1 \*\*Обратиться в БКИ 3\*\***  
 Среднее время: 239.9 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 20.44%  
 Уровень проблемности: 0.700
  
- 2 \*\*Сформировать заявку в БКИ\*\***  
 Среднее время: 239.1 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 20.37%  
 Уровень проблемности: 0.698
  
- 3 \*\*Обращение в Бюро кредитных историй\*\***  
 Среднее время: 209.9 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 17.88%  
 Уровень проблемности: 0.612
  
- 4 \*\*Проверить участие в закупках 44-ФЗ и 223-ФЗ\*\***  
 Среднее время: 84.0 сек  
 Надежность: 99.7%  
 Вклад в общее время: 5.73%  
 Уровень проблемности: 0.246
  
- 5 \*\*Обратиться в Правру за сведениями об исках\*\***  
 Среднее время: 82.1 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 6.99%  
 Уровень проблемности: 0.240
  
- 6 \*\*Обратиться в БКИ 2\*\***  
 Среднее время: 79.6 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 6.78%  
 Уровень проблемности: 0.232
  
- 7 \*\*Обратиться в БКИ 1\*\***  
 Среднее время: 59.6 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 5.08%  
 Уровень проблемности: 0.174
  
- 8 \*\*Обратиться в ФНС за бухгалтерским отчетом\*\***  
 Среднее время: 59.5 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 5.07%  
 Уровень проблемности: 0.174
  
- 9 \*\*Рассчитать лимит\*\***  
 Среднее время: 49.6 сек  
 Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 3.06%  
 Уровень проблемности: 0.145
  
- 10 \*\*Рассчитать финансовые показатели на полученных данных\*\***  
 Среднее время: 29.5 сек

Надежность: 100.0%  
 Вклад в общее время: 2.52%  
 Уровень проблемности: 0.086

## Экспорт результатов

```
In [32]: # Сохранение таблиц в Excel
with pd.ExcelWriter('результаты_анализа.xlsx') as writer:
    # Основные данные
    main_process_data.to_excel(writer, sheet_name='Основной процесс', index=False)
    bki_process_data.to_excel(writer, sheet_name='Подпроцесс БКИ', index=False)

    # Объединенные данные
    full_process_data.to_excel(writer, sheet_name='Объединенные данные', index=False)

    # Метрики элементов
    element_metrics.to_excel(writer, sheet_name='Метрики элементов', index=False)

    # Временные метрики
    hourly_metrics.to_excel(writer, sheet_name='Метрики по часам')
    daily_metrics.to_excel(writer, sheet_name='Метрики по дням')

    # Инциденты
    all_incidents.to_excel(writer, sheet_name='Все инциденты', index=False)

print("Таблицы сохранены в файл 'результаты_анализа.xlsx'")
```

Таблицы сохранены в файл 'результаты\_анализа.xlsx'

## Вывод

### ФИНАЛЬНЫЙ ОТЧЕТ: АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА ЛИМИТА

---

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:

- Подпроцесс БКИ является главным 'узким местом' процесса
- 4 из 5 самых медленных этапов связаны с обращениями в БКИ
- Элемент 'Проверить участие в закупках' - самый проблемный по надежности
- Среднее время выполнения процесса: 40.53 сек
- Общий KPI надежности: 99.99%

#### КРИТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ:

- БКИ ПРОЦЕССЫ:

- 'Обратиться в БКИ 3' - 239.94 сек
- 'Сформировать заявку в БКИ' - 239.12 сек
- 'Обращение в Бюро кредитных историй' - 209.92 сек
- Общее время, затрачиваемое на БКИ: ~940 минут
- Обращение в Бюро кредитных историй - 17.88% общего времени

## 2. НЕНАДЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ:

- 'Проверить участие в закупках' - 23 инцидента, отклонение 811 сек
- Коэффициент вариации: 965.62% (крайняя нестабильность)

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ:

## ВЫСОКИЙ ПРИОРИТЕТ:

### 1. Оптимизация процессов БКИ

- Внедрить асинхронные запросы в БКИ
- Кэширование результатов запросов
- Параллельное выполнение обращений

### 2. Стабилизация ненадежных элементов

- Аудит и исправление элемента 'Проверить участие в закупках'
- Внедрение retry-механизмов для проблемных запросов

## ОЖИДАЕМЫЙ ЭФФЕКТ:

- Увеличение общей пропускной способности процесса на 15-20%
- Снижение количества инцидентов на 90%

## ВРЕМЕННЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:

- Пиковая нагрузка: 1:00 (11605 заявок)
- Самый медленный час: 6:00 (46.9 сек)
- Рекомендуется распределение нагрузки на менее загруженные часы

## ПЛАН ДЕЙСТВИЙ:

### 1. НЕМЕДЛЕННЫЕ МЕРЫ (1-2 недели):

- Приоритизация оптимизации БКИ процессов
- Мониторинг проблемных элементов в реальном времени

### 2. КРАТКОСРОЧНЫЕ УЛУЧШЕНИЯ (1 месяц):

- Внедрение кэширования для БКИ запросов
- Оптимизация этапов проверки закупок и запросов в Правру
- Стандартизация внешних запросов

### 3. СРЕДНЕСРОЧНЫЕ УЛУЧШЕНИЯ (1-2 квартала):

- Рефакторинг ненадежных компонентов
- Внедрение системы мониторинга производительности

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ АНАЛИТИКА:

ТОП-5 САМЫХ ЗАТРАТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (в минутах):

- Обратиться в БКИ 3: 37950.5 мин
- Сформировать заявку в БКИ: 37820.8 мин
- Обращение в Бюро кредитных историй: 33202.3 мин
- Обратиться в Правру за сведениями об исках: 12988.6 мин
- Обратиться в БКИ 2: 12586.9 мин

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ:

- Общее время процесса: 185706.5 мин
- Время на БКИ процессы: 99286.0 мин (53.5%)
  - Обратиться в БКИ 3 - 20.44% общего времени
  - Сформировать заявку в БКИ - 20.37% общего времени
- Время на остальные процессы: 86420.6 мин

=====

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Оптимизация подпроцесса БКИ является ключевым фактором для значительного улучшения производительности всего процесса расчета лимита.

Сосредоточение усилий на этой области даст максимальный эффект при минимальных затратах ресурсов.

```
In [35]: # Конвертация ноутбука в HTML и PDF
import subprocess
import os

# Конвертируем ноутбук в HTML
subprocess.run(['jupyter', 'nbconvert', '--to', 'html', 'analytics_bank_soft.ipynb'])

# Теперь конвертируем HTML в PDF
try:
    subprocess.run(['jupyter', 'nbconvert', '--to', 'pdf', 'analytics_bank_soft.ipynb'])
    print("PDF отчет сохранен!")
except Exception as e:
    print(f"Ошибка при создании PDF: {e}")
    print("Установите LaTeX для поддержки PDF экспорта:")
    print("Linux: sudo apt-get install texlive-xetex texlive-fonts-recommended т")
    print("Windows: Установите MiKTeX")
    print("Mac: Установите MacTeX")
```

PDF отчет сохранен!