

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_

КАФЕДРА \_\_\_\_\_

# РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## *К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ*

*НА ТЕМУ:*

---

---

---

---

---

---

---

Студент \_\_\_\_\_  
(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель курсового проекта

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Консультант

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

2020 г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Индекс)  
\_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**З А Д А Н И Е  
на выполнение курсового проекта**

по дисциплине \_\_\_\_\_ Технологии машинного обучения \_\_\_\_\_

Студент группы \_\_\_\_\_ ИУ5-64 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Меркулова Надежда Александровна \_\_\_\_\_  
(Фамилия, имя, отчество)

Тема курсового проекта \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Направленность КП (учебный, исследовательский, практический, производственный, др.) \_\_\_\_\_

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) \_\_\_\_\_

График выполнения проекта: 25% к \_4\_ нед., 50% к \_8\_ нед., 75% к 12 нед., 100% к 16 нед.  
**Задание** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Оформление курсового проекта:**

Расчетно-пояснительная записка на \_35\_ листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Руководитель курсового проекта**

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)

**Студент**

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Введение	4
Основная часть	5
1. Выбор и подготовка набора данных	6
2. Разведочный анализ	9
3. Корреляционный анализ	15
4. Метрики для оценки качества моделей	17
5. Формирование обучающей и тестовой выборки	19
6. Построение базового решения	20
7. Подбор гиперпараметров	25
8. Сравнение качества полученных моделей	29
9. Выводы о качестве построенных моделей	37
10. Вывод	40
Заключение	41
Литература	42

## **Введение**

В данном курсовом проекте предстоит выполнить типовую задачу машинного обучения - провести анализ данных, провести некоторые операции с датасетом, подобрать модели, а также подобрать наиболее подходящие гиперпараметры выбранных моделей.

Машинное обучение очень актуально в современном мире, оно используется практически во многих сферах. Программист должен подбирать подходящие технологии машинного обучения для достижения наилучших результатов. Чему мы и научимся в этом курсовом проекте. Попробуем не менее пяти видов различных моделей и подберем наилучшую из них на основе выбранных метрик. Также построим вспомогательные графики, которые помогут нам визуально взглянуть на все необходимые показатели.

# Задание

1. Поиск и выбор набора данных для построения моделей машинного обучения. На основе выбранного набора данных студент должен построить модели машинного обучения для решения или задачи классификации, или задачи регрессии.
2. Проведение разведочного анализа данных. Построение графиков, необходимых для понимания структуры данных. Анализ и заполнение пропусков в данных.
3. Выбор признаков, подходящих для построения моделей. Кодирование категориальных признаков. Масштабирование данных. Формирование вспомогательных признаков, улучшающих качество моделей.
4. Проведение корреляционного анализа данных. Формирование промежуточных выводов о возможности построения моделей машинного обучения. В зависимости от набора данных, порядок выполнения пунктов 2, 3, 4 может быть изменен.
5. Выбор метрик для последующей оценки качества моделей. Необходимо выбрать не менее трех метрик и обосновать выбор.
6. Выбор наиболее подходящих моделей для решения задачи классификации или регрессии. Необходимо использовать не менее пяти моделей, две из которых должны быть ансамблевыми.
7. Формирование обучающей и тестовой выборки на основе исходного набора данных.
8. Построение базового решения (baseline) для выбранных моделей без подбора гиперпараметров. Производится обучение моделей на основе обучающей выборки и оценка качества моделей на основе тестовой выборки.
9. Подбор гиперпараметров для выбранных моделей. Рекомендуется использовать методы кросс-валидации. В зависимости от используемой библиотеки можно применять функцию GridSearchCV, использовать перебор параметров в цикле, или использовать другие методы.
10. Повторение пункта 8 для найденных оптимальных значений гиперпараметров. Сравнение качества полученных моделей с качеством baseline-моделей.
11. Формирование выводов о качестве построенных моделей на основе выбранных метрик. Результаты сравнения качества рекомендуется отобразить в виде графиков и сделать выводы в форме текстового описания. Рекомендуется построение графиков обучения и валидации, влияния значений гиперпараметров на качество моделей и т.д.

Приведенная схема исследования является рекомендуемой. В зависимости от решаемой задачи возможны модификации.

## 1. Выбор и подготовка набора данных

In [74]:

```
import numpy as np
import pandas as pd
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.ensemble import GradientBoostingClassifier, RandomForestClassifier
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier, KNeighborsRegressor
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
from sklearn.metrics import precision_score, recall_score, f1_score, classification_
from sklearn.metrics import roc_curve, roc_auc_score, accuracy_score, confusion_matr
from sklearn.model_selection import GridSearchCV, RandomizedSearchCV
from scipy.stats import randint, uniform
from sklearn.ensemble import GradientBoostingClassifier
```

В качестве набора данных будем использовать набор данных, состоящий из песен с музыкального сервиса Spotify (<https://www.kaggle.com/zaheenhamidani/ultimate-spotify-tracks-db>) (<https://www.kaggle.com/zaheenhamidani/ultimate-spotify-tracks-db>)

In [2]:

```
train_data = pd.read_csv('../data/SpotifyFeatures.csv')
train_data.head()
```

Out[2]:

	genre	artist_name	track_name	track_id	popularity	acousticness	danceat
0	Movie	Henri Salvador	C'est beau de faire un Show	0BRjO6ga9RKCKjfDqeFgWV	0	0.611	0
1	Movie	Martin & les fées	Perdu d'avance (par Gad Elmaleh)	0BjC1NfoEOOusryehmNudP	1	0.246	0
2	Movie	Joseph Williams	Don't Let Me Be Lonely Tonight	0CoSDzoNIKCRs124s9uTVy	3	0.952	0
3	Movie	Henri Salvador	Dis-moi Monsieur Gordon Cooper	0Gc6TVm52BwZD07Ki6tlvf	0	0.703	0
4	Movie	Fabien Nataf	Ouverture	0lusIXpMROHdEPvSI1fTQK	4	0.950	0

Размер набора:

In [3]:

```
train_data.shape
```

Out[3]:

(232725, 18)

Удалим лишние столбцы:

In [4]:

```
train_data = train_data.filter(['genre', 'artist_name', 'track_name', 'energy', 'loudness', 'speechiness', 'liveness', 'popularity', 'danceability'])  
train_data.head()
```

Out[4]:

	genre	artist_name	track_name	energy	loudness	speechiness	liveness	popularity	danceability
0	Movie	Henri Salvador	C'est beau de faire un Show	0.910	-1.828	0.0525	0.3460	0	0.1000
1	Movie	Martin & les fées	Perdu d'avance (par Gad Elmaleh)	0.737	-5.559	0.0868	0.1510	1	0.1000
2	Movie	Joseph Williams	Don't Let Me Be Lonely Tonight	0.131	-13.879	0.0362	0.1030	3	0.1000
3	Movie	Henri Salvador	Dis-moi Monsieur Gordon Cooper	0.326	-12.178	0.0395	0.0985	0	0.1000
4	Movie	Fabien Nataf	Ouverture	0.225	-21.150	0.0456	0.2020	4	0.1000

Итоговый набор содержит следующие колонки:

- genre - жанр песни
- artist\_name - исполнитель песни
- track\_name - название песни
- energy - энергичность
- loudness - громкость
- speechiness - показатель количества слов в песне
- liveness - показатель того, что песня была записана при аудитории
- popularity - показатель популярности песни по 10-балльной шкале
- danceability - показатель стабильности песни для танца
- duration\_ms - длительность песни (в мс)
- instrumentalness - показатель вокала в песне
- acousticness - акустичность (1.0 - песня в акустической версии)

Новое количество колонок:

In [5]:

```
train_data.shape[1]
```

Out[5]:

12

Переименуем названия столбцов:

In [6]:

```
train_data.rename(columns={'genre': 'Genre', 'artist_name': 'Artist', 'acousticness':  
train_data.head()
```

Out[6]:

	Genre	Artist	Track	Energy	Loudness	Speechiness	Liveness	Popularity	Danceability
0	Movie	Henri Salvador	C'est beau de faire un Show	0.910	-1.828	0.0525	0.3460	0	0.385
1	Movie	Martin & les fées	Perdu d'avance (par Gad Elmaleh)	0.737	-5.559	0.0868	0.1510	1	0.590
2	Movie	Joseph Williams	Don't Let Me Be Lonely Tonight	0.131	-13.879	0.0362	0.1030	3	0.665
3	Movie	Henri Salvador	Dis-moi Monsieur Gordon Cooper	0.326	-12.178	0.0395	0.0985	0	0.240
4	Movie	Fabien Nataf	Ouverture	0.225	-21.150	0.0456	0.2020	4	0.335

## 2. Разведочный анализ

Проверим пропуски:



In [7]:

```
train_data.isnull().sum()
```

Out[7]:

```
Genre          0
Artist         0
Track          0
Energy         0
Loudness       0
Speechiness    0
Liveness       0
Popularity     0
Danceability   0
Duration       0
Instrumentalness 0
Acousticness   0
dtype: int64
```

Как видим, пропуски отсутствуют

Количество уникальных музыкальных жанров:

In [8]:

```
train_data['Genre'].nunique()
```

Out[8]:

```
27
```

Количество песен каждого жанра:

In [9]:

```
popular_genre=train_data.groupby('Genre').size().unique  
popular_genre
```

Out[9]:

```
<bound method Series.unique of Genre  
A Capella          119  
Alternative        9263  
Anime              8936  
Blues              9023  
Children's Music   5403  
Children's Music   9353  
Classical          9256  
Comedy             9681  
Country            8664  
Dance              8701  
Electronic         9377  
Folk               9299  
Hip-Hop            9295  
Indie              9543  
Jazz               9441  
Movie              7806  
Opera              8280  
Pop                9386  
R&B                8992  
Rap                9232  
Reggae             8771  
Reggaeton          8927  
Rock               9272  
Ska                8874  
Soul               9089  
Soundtrack         9646  
World              9096  
dtype: int64>
```

Для решения задачи классификации выберем два жанра - поп (Pop) и рок (Rock):

In [10]:

```
top_genres = ['Pop', 'Rock']
```

In [11]:

```
train_data = train_data[train_data['Genre'].isin(top_genres)]  
train_data['Genre'].unique()
```

Out[11]:

```
array(['Pop', 'Rock'], dtype=object)
```

Проверим размер набора:

In [12]:

```
train_data.shape
```

Out[12]:

```
(18658, 12)
```

Подсчитаем количество исполнителей:

In [13]:

```
train_data['Artist'].nunique()
```

Out[13]:

```
3297
```

Выведем топ-5 исполнителей каждого жанра:

In [14]:

```
for g in top_genres:
    print(g + ':')
    print(train_data[train_data['Genre'] == g]['Artist'].value_counts().head(5))
    print('\n')
```

Pop:

Drake	154
BTS	76
Kanye West	72
Taylor Swift	67
Future	66

Name: Artist, dtype: int64

Rock:

The Beatles	145
Queen	97
Led Zeppelin	76
Panic! At The Disco	74
Imagine Dragons	71

Name: Artist, dtype: int64

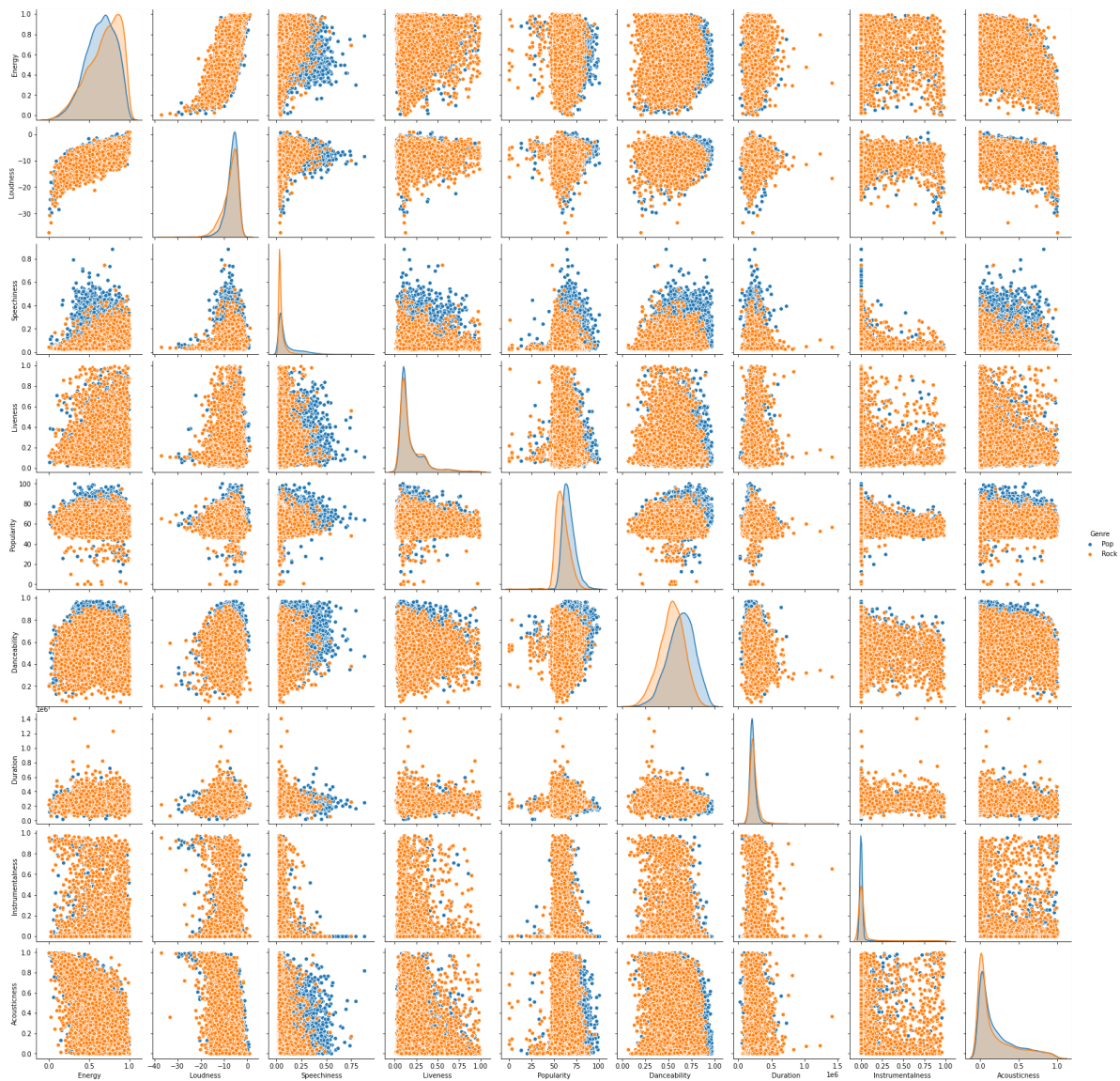
Для понимания структуры набора данных построим графики:

In [15]:

```
sns.pairplot(train_data, hue="Genre")
```

Out[15]:

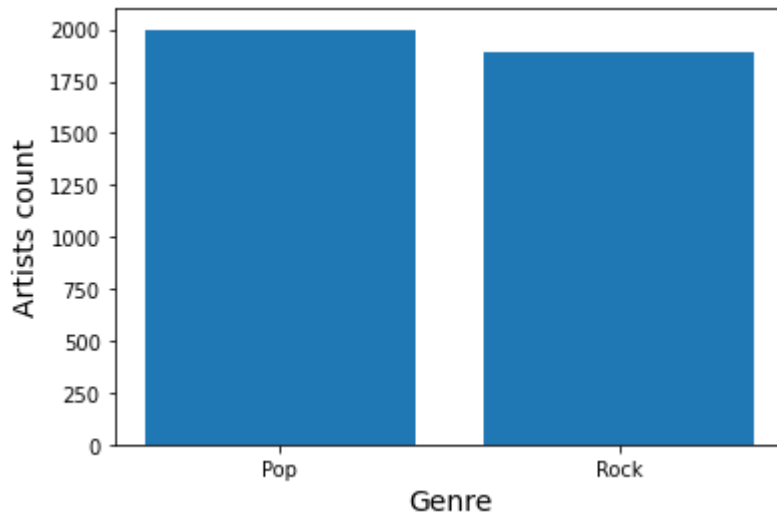
<seaborn.axisgrid.PairGrid at 0x11774fb70>



Количество уникальных артистов каждого жанра:

In [16]:

```
x_genres = np.arange(len(top_genres))
y_artists = train_data.groupby('Genre')['Artist'].unique().agg(len)
plt.bar(x_genres, y_artists)
plt.xticks(x_genres, top_genres)
plt.xlabel('Genre', fontsize=14)
plt.ylabel('Artists count', fontsize=14)
plt.show()
```



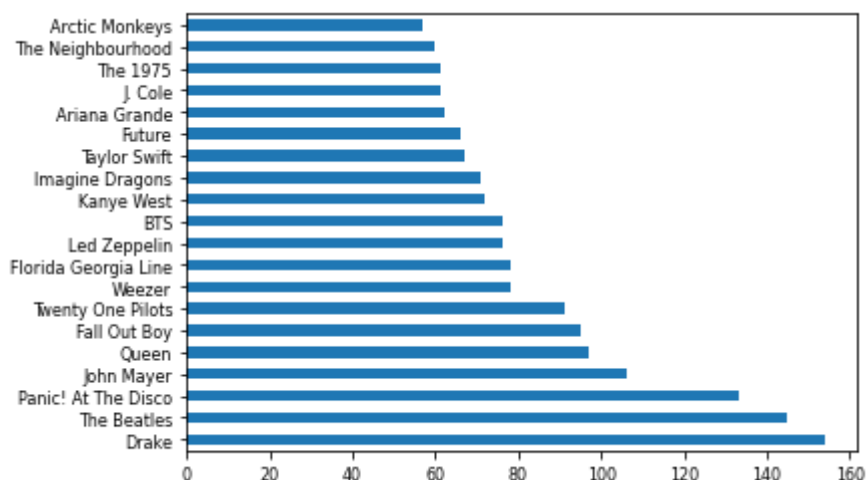
Топ-20 исполнителей по количеству песен:

In [17]:

```
train_data['Artist'].value_counts().head(20).plot(kind='barh', fontsize=8)
```

Out[17]:

<matplotlib.axes.\_subplots.AxesSubplot at 0x11774f2e8>



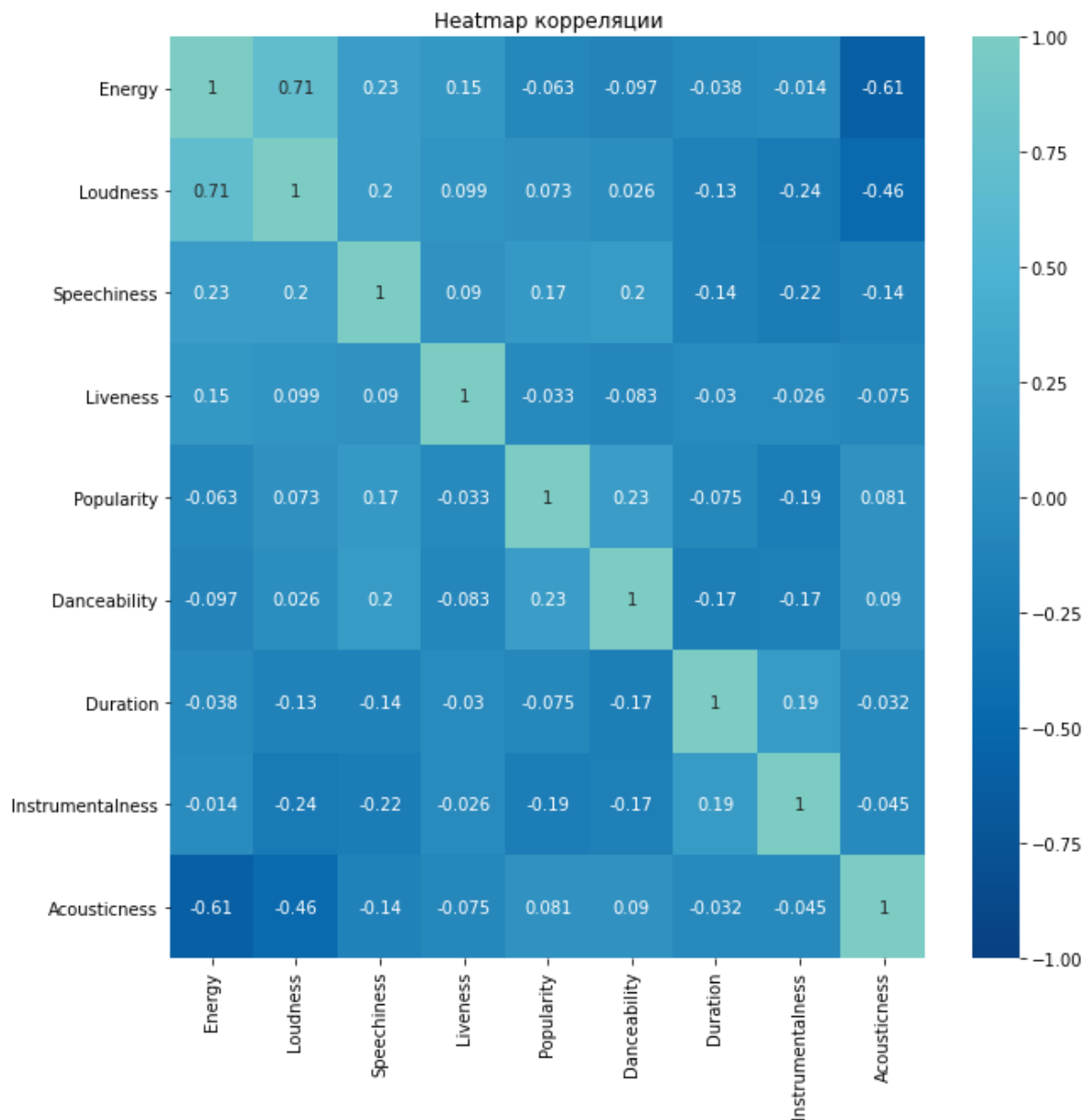
### 3. Корреляционный анализ данных

In [18]:

```
correlation=train_data.corr(method='spearman')
plt.figure(figsize=(10,10))
plt.title('Heatmap корреляции')
sns.heatmap(correlation,annot=True,vmin=-1,vmax=1,cmap="GnBu_r",center=1)
```

Out[18]:

<matplotlib.axes.\_subplots.AxesSubplot at 0x11d6c2da0>



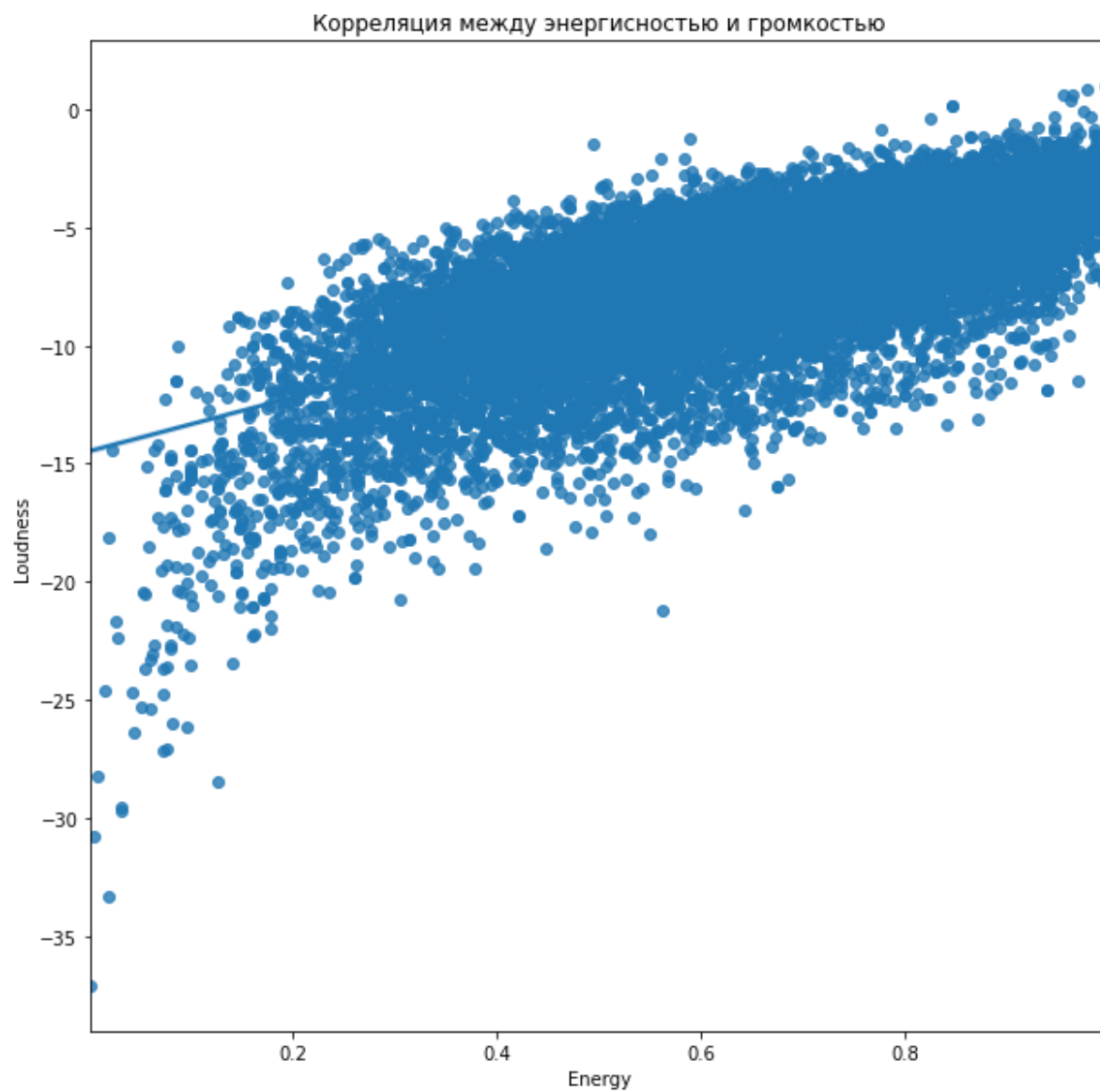
Проверим связь между громкостью и энергичностью:

In [19]:

```
fig=plt.subplots(figsize=(10,10))  
plt.title('Корреляция между энергичностью и громкостью')  
sns.regplot(x='Energy',y='Loudness',data=train_data)
```

Out[19]:

<matplotlib.axes.\_subplots.AxesSubplot at 0x11d9217b8>

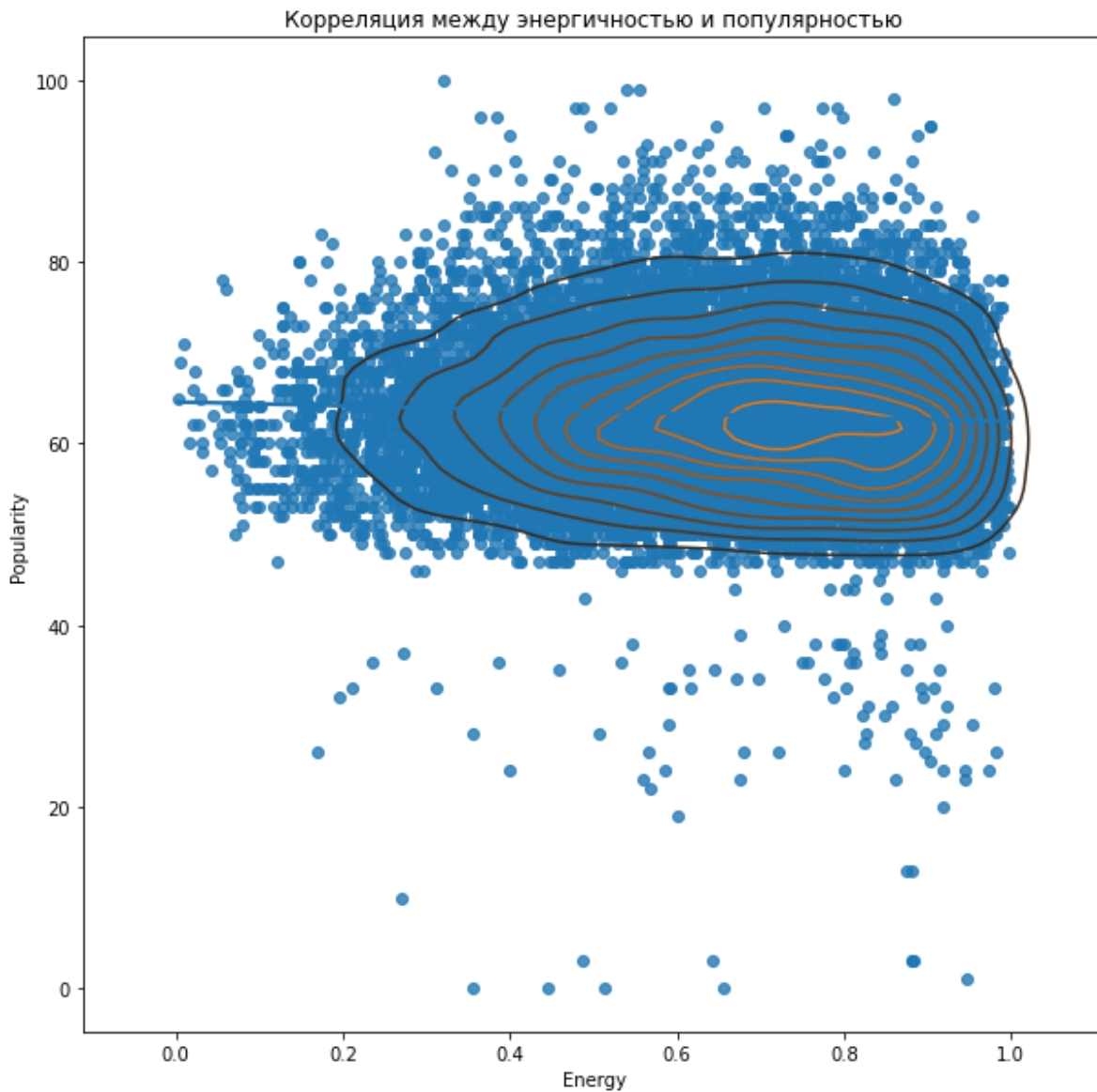


In [20]:

```
fig=plt.subplots(figsize=(10,10))
plt.title('Корреляция между энергичностью и популярностью')
sns.regplot(x='Energy', y='Popularity',
            ci=None, data=train_data)
sns.kdeplot(train_data['Energy'], train_data['Popularity'])
```

Out[20]:

<matplotlib.axes.\_subplots.AxesSubplot at 0x11d978588>



## 4. Метрики для оценки качества моделей



In [21]:

```
def draw_roc_curve(y_true, y_score, pos_label=1, average='micro'):
    fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_true, y_score,
                                     pos_label=pos_label)
    roc_auc_value = roc_auc_score(y_true, y_score, average=average)
    plt.figure()
    lw = 2
    plt.plot(fpr, tpr, color='darkorange',
             lw=lw, label='ROC curve (area = %0.2f)' % roc_auc_value)
    plt.plot([0, 1], [0, 1], color='navy', lw=lw, linestyle='--')
    plt.xlim([0.0, 1.0])
    plt.ylim([0.0, 1.05])
    plt.xlabel('False Positive Rate')
    plt.ylabel('True Positive Rate')
    plt.title('Receiver operating characteristic')
    plt.legend(loc="lower right")
    plt.show()
```

In [22]:

```
class MetricLogger:

    def __init__(self):
        self.df = pd.DataFrame(
            {'metric': pd.Series([], dtype='str'),
             'alg': pd.Series([], dtype='str'),
             'value': pd.Series([], dtype='float')})

    def add(self, metric, alg, value):
        self.df.drop(self.df[(self.df['metric']==metric)&(self.df['alg']==alg)].index)
        temp = [{'metric':metric, 'alg':alg, 'value':value}]
        self.df = self.df.append(temp, ignore_index=True)

    def get_data_for_metric(self, metric, ascending=True):
        temp_data = self.df[self.df['metric']==metric]
        temp_data_2 = temp_data.sort_values(by='value', ascending=ascending)
        return temp_data_2['alg'].values, temp_data_2['value'].values

    def plot(self, str_header, metric, ascending=True, figsize=(5, 5)):
        array_labels, array_metric = self.get_data_for_metric(metric, ascending)
        fig, ax1 = plt.subplots(figsize=figsize)
        pos = np.arange(len(array_metric))
        rects = ax1.barh(pos, array_metric,
                        align='center',
                        height=0.5,
                        tick_label=array_labels)
        ax1.set_title(str_header)
        for a,b in zip(pos, array_metric):
            plt.text(0.5, a-0.05, str(round(b,3)), color='white')
        plt.show()
```

In [23]:

```
metricLogger = MetricLogger()
```

In [24]:

```
def test_model(model_name, model, metricLogger):
    model.fit(X_train, Y_train)
    y_pred = model.predict(X_test)

    accuracy = accuracy_score(Y_test, y_pred)
    roc_auc = roc_auc_score(Y_test, y_pred)
    precision = precision_score(Y_test, y_pred)
    recall = recall_score(Y_test, y_pred)

    print('*' * 80)
    print(model)
    print('*' * 80)

    print('precision:', precision)
    print('recall:', recall)
    print('accuracy:', accuracy)
    print('roc_auc:', roc_auc)

    print('*' * 80)

    metricLogger.add('precision', model_name, precision)
    metricLogger.add('recall', model_name, recall)
    metricLogger.add('accuracy', model_name, accuracy)
    metricLogger.add('roc_auc', model_name, roc_auc)

    draw_roc_curve(Y_test, y_pred)

    plot_confusion_matrix(model, X_test, Y_test,
                          display_labels=['0', '1'],
                          cmap=plt.cm.Blues, normalize='true')

    plt.show()
```

## 5. Формирование обучающей и тестовой выборки

In [25]:

```
features = ['Genre', 'Acousticness', 'Instrumentalness', 'Energy', 'Loudness', 'Speechiness', 'Liveness', 'Danceability']
```

In [26]:

```
train_data_enc = train_data.filter(features)
train_data_enc.head()
```

Out[26]:

	Genre	Acousticness	Instrumentalness	Energy	Loudness	Speechiness	Liveness	Danceability
107802	Pop	0.0421	0.000000	0.554	-5.290	0.0917	0.1060	0.8910
107803	Pop	0.1630	0.000002	0.539	-7.399	0.1780	0.1010	0.8910
107804	Pop	0.5780	0.000000	0.321	-10.744	0.3230	0.0884	0.8910
107805	Pop	0.1490	0.000000	0.364	-11.713	0.2760	0.2710	0.8910
107806	Pop	0.5560	0.000000	0.479	-5.574	0.0466	0.0703	0.8910

Выполним кодирование признака жанра:

In [27]:

```
le = LabelEncoder()
train_data_enc['Genre'] = le.fit_transform(train_data['Genre']);
```

Разделим выборки:

In [28]:

```
X = train_data_enc.drop('Genre', axis=1)
Y = train_data_enc['Genre']
```

In [29]:

```
X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.25, random_state=42)
print('{} {}'.format(X_train.shape, X_test.shape))
print('{} {}'.format(Y_train.shape, Y_test.shape))
```

(13993, 9), (4665, 9)  
(13993,), (4665,)

## 6. Построение базового решения

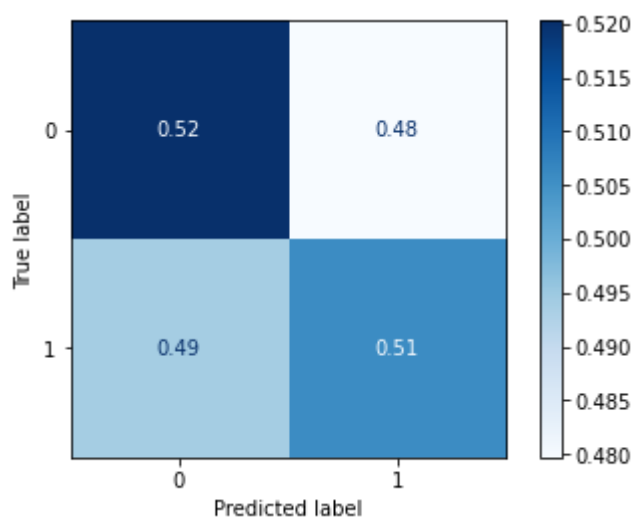
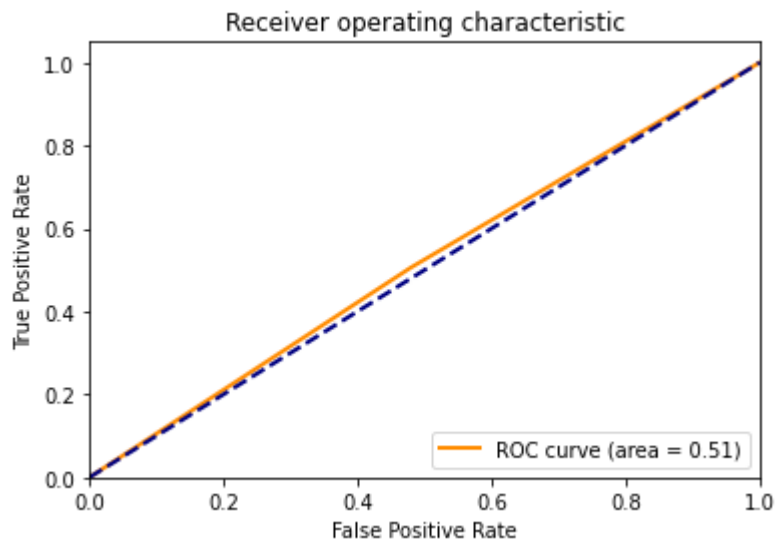
In [30]:

```
models = {'KNN_3': KNeighborsClassifier(n_neighbors=3),
          'SVC': SVC(),
          'Tree': DecisionTreeClassifier(),
          'RF': RandomForestClassifier(),
          'GB': GradientBoostingClassifier()}
```

In [31]:

```
for model_name, model in models.items():
    test_model(model_name, model, metricLogger)
```

```
*****
*****
KNeighborsClassifier(algorithm='auto', leaf_size=30, metric='minkowsk
i',
                    metric_params=None, n_jobs=None, n_neighbors=3, p
=2,
                    weights='uniform')
*****
*****
precision: 0.5060922541340296
recall: 0.5058721183123097
accuracy: 0.5131832797427652
roc_auc: 0.5130797616075496
*****
*****
```

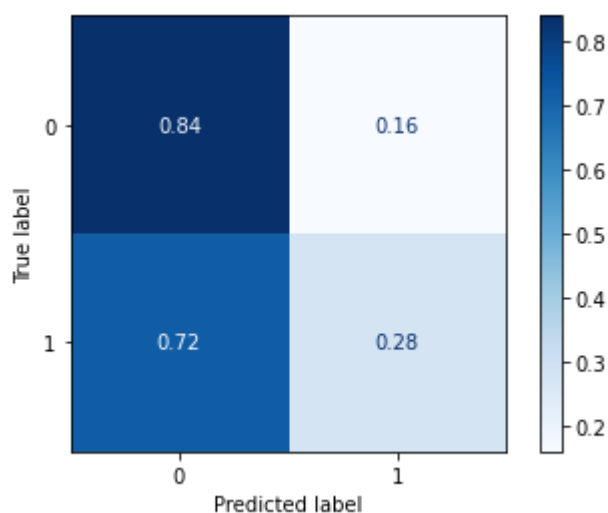
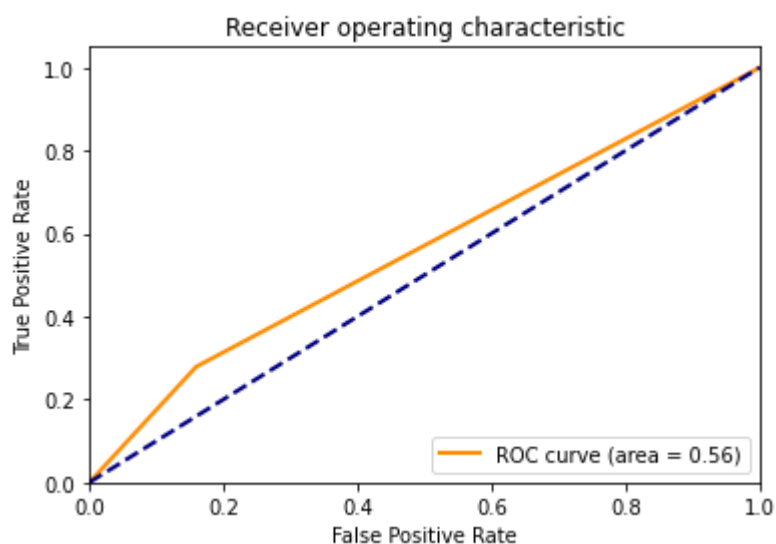


```
*****
*****
SVC(C=1.0, break_ties=False, cache_size=200, class_weight=None, coef0=
0.0,
    decision_function_shape='ovr', degree=3, gamma='scale', kernel='rb
f',
    max_iter=-1, probability=False, random_state=None, shrinking=True,
```

```

tol=0.001, verbose=False)
*****
*****
precision: 0.6296660117878192
recall: 0.27881687690300133
accuracy: 0.5637727759914255
roc_auc: 0.559738108781171
*****
*****

```

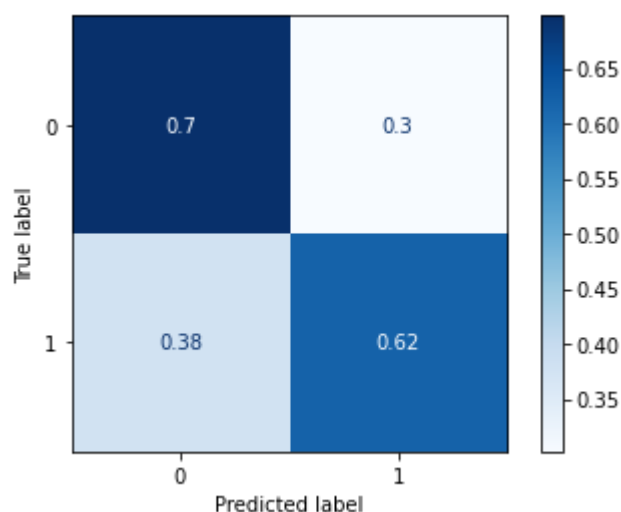
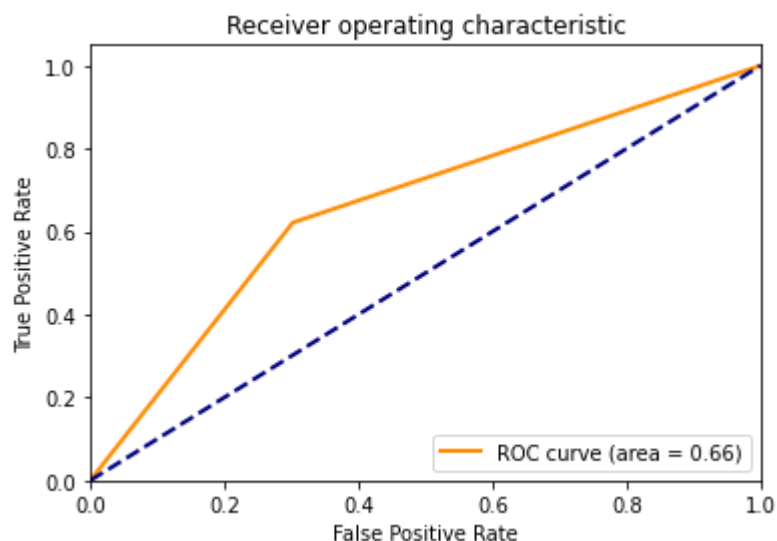


```

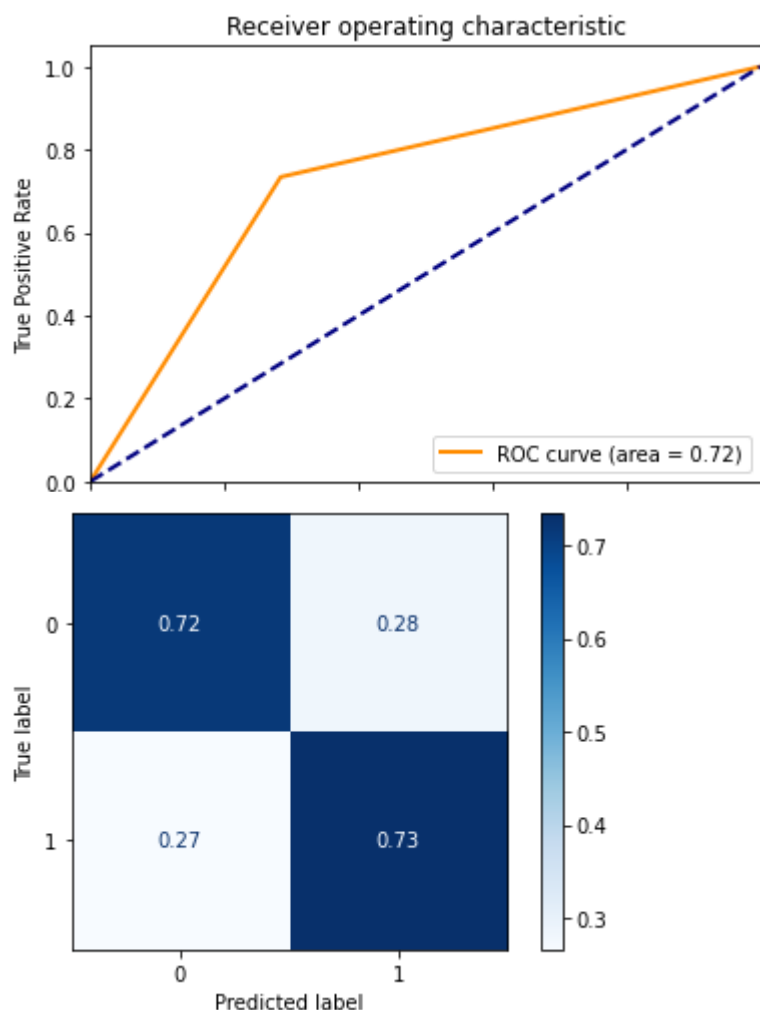
*****
*****
DecisionTreeClassifier(ccp_alpha=0.0, class_weight=None, criterion='gini',
                        max_depth=None, max_features=None, max_leaf_nodes=None,
                        min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_split=None,
                        min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                        min_weight_fraction_leaf=0.0, presort='deprecated',
                        random_state=None, splitter='best')
*****
*****
precision: 0.6665111940298507
recall: 0.6215745976511526
accuracy: 0.6602357984994641
roc_auc: 0.6596883977266752

```

```
*****
*****
```



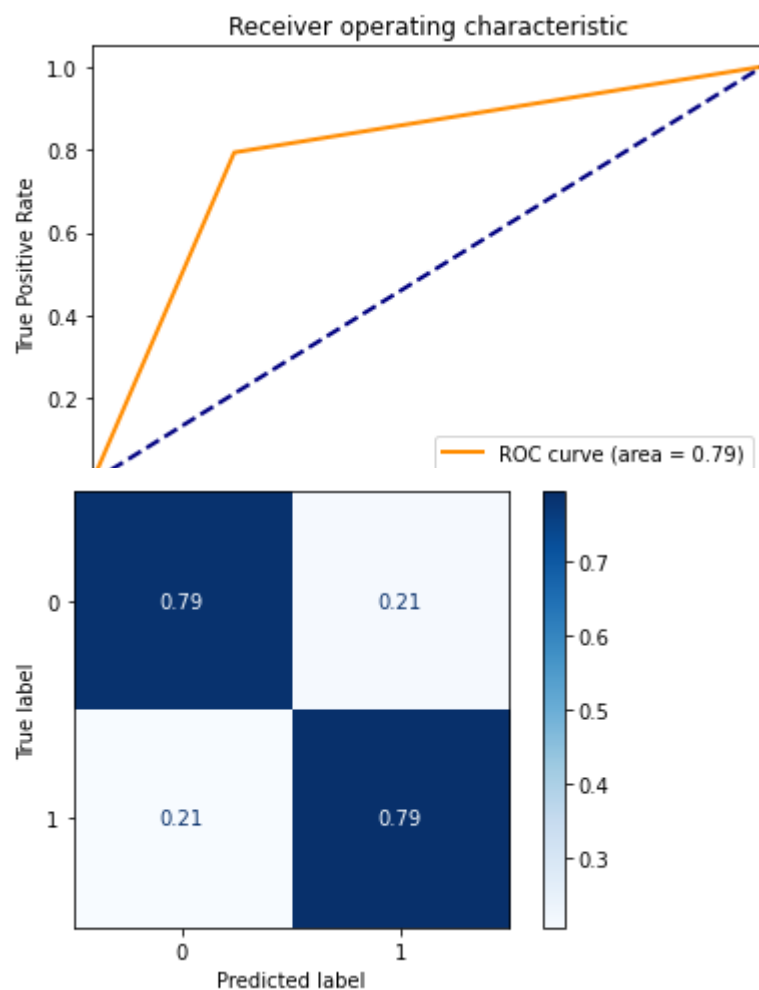
```
*****
*****
RandomForestClassifier(bootstrap=True, ccp_alpha=0.0, class_weight=None,
                       criterion='gini', max_depth=None, max_features
='auto',
                       max_leaf_nodes=None, max_samples=None,
                       min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_split=None,
one,
                       min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                       min_weight_fraction_leaf=0.0, n_estimators=100,
                       n_jobs=None, oob_score=False, random_state=None,
e,
                       verbose=0, warm_start=False)
*****
*****
precision: 0.7151335311572701
recall: 0.7337973031752936
accuracy: 0.7247588424437299
roc_auc: 0.7248868172681201
*****
*****
```



```

*****
*****
GradientBoostingClassifier(ccp_alpha=0.0, criterion='friedman_mse', in
it=None,
                           learning_rate=0.1, loss='deviance', max_dep
th=3,
                           max_features=None, max_leaf_nodes=None,
                           min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_spl
it=None,
                           min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                           min_weight_fraction_leaf=0.0, n_estimators=
100,
                           n_iter_no_change=None, presort='deprecate
d',
                           random_state=None, subsample=1.0, tol=0.000
1,
                           validation_fraction=0.1, verbose=0,
                           warm_start=False)
*****
*****
precision: 0.7844234079173839
recall: 0.7929534580252283
accuracy: 0.7905680600214362
roc_auc: 0.7906018346761813
*****
*****

```



## 7. Подбор гиперпараметров

In [32]:

```
X_train.shape
```

Out[32]:

```
(13993, 9)
```

**Дерево решений**



In [33]:

```
%%time
tree_parameters = {'max_depth': randint(1, 100)}
clf_gs = RandomizedSearchCV(DecisionTreeClassifier(), tree_parameters, cv=5, scoring='accuracy')
clf_gs.fit(X, Y)
```

CPU times: user 554 ms, sys: 98.4 ms, total: 652 ms  
Wall time: 6 s

Out[33]:

```
RandomizedSearchCV(cv=5, error_score='raise',
                    estimator=DecisionTreeClassifier(ccp_alpha=0.0,
                                                       class_weight=None,
                                                       criterion='gini',
                                                       max_depth=None,
                                                       max_features=None,
                                                       max_leaf_nodes=None,
                                                       min_impurity_decrease=0.0,
                                                       min_impurity_split=None,
                                                       min_samples_leaf=1,
                                                       min_samples_split=2,
                                                       min_weight_fraction_leaf=0.0,
                                                       presort='deprecated',
                                                       random_state=None,
                                                       splitter='best'),
                    iid='deprecated', n_iter=10, n_jobs=-1,
                    param_distributions={'max_depth': <scipy.stats._discrete_rv_frozen object at 0x11de52198>},
                    pre_dispatch='2*n_jobs', random_state=None, refit=True,
                    return_train_score=False, scoring='accuracy', verbose=0)
```

In [34]:

```
clf_gs.best_estimator_
```

Out[34]:

```
DecisionTreeClassifier(ccp_alpha=0.0, class_weight=None, criterion='gini',
                        max_depth=13, max_features=None, max_leaf_nodes=None,
                        min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_split=None,
                        min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                        min_weight_fraction_leaf=0.0, presort='deprecated',
                        random_state=None, splitter='best')
```

Лучшее значение параметров:

In [35]:

```
clf_gs.best_params_
```

Out[35]:

```
{'max_depth': 13}
```

Средний результат:

In [36]:

```
clf_gs.cv_results_[ 'mean_test_score' ]
```

Out[36]:

```
array([0.63050352, 0.62975309, 0.63034289, 0.65966003, 0.63157523,  
       0.62819865, 0.63586335, 0.62959213, 0.62996768, 0.62964593])
```

**Градиентный бустинг**

In [75]:

```
%%time
gb_parameters = {'learning_rate': [1e-3, 1e-2, 1e-1], 'subsample': uniform(0.5, 1.0)}
clf_gs = RandomizedSearchCV(GradientBoostingClassifier(), gb_parameters, cv=5, scoring='accuracy')
clf_gs.fit(X, Y)
```

CPU times: user 2.58 s, sys: 94.4 ms, total: 2.68 s  
Wall time: 34.2 s

Out[75]:

```
RandomizedSearchCV(cv=5, error_score='raise',
                    estimator=GradientBoostingClassifier(ccp_alpha=0.0,
                                                           criterion='friedman_mse',
                                                           init=None,
                                                           learning_rate=0.1,
                                                           loss='deviance',
                                                           max_depth=3,
                                                           max_features='n_features_r',
                                                           max_leaf_nodes=None,
                                                           min_impurity_decrease=0.0,
                                                           min_impurity_split=None,
                                                           min_samples_leaf=1,
                                                           min_samples_split=2,
                                                           min_weight_fraction_leaf=0.0,
                                                           n_estimators=100,
                                                           n_iter=None,
                                                           param_distributions={'learning_rate': [0.001, 0.01, 0.1],
                                                                                   'max_depth': <scipy.stats._dis
tn_infrastructure.rv_frozen object at 0x11dbc4400>,
                                                                                   'n_estimators': <scipy.stats._
distn_infrastructure.rv_frozen object at 0x11dbc46a0>,
                                                                                   'subsample': <scipy.stats._dis
tn_infrastructure.rv_frozen object at 0x11e34b2e8>},
                                                           pre_dispatch='2*n_jobs', random_state=None, refit=True,
                                                           return_train_score=False, scoring='accuracy', verbose=0)
```

In [76]:

```
clf_gs.best_estimator_
```

Out[76]:

```
GradientBoostingClassifier(ccp_alpha=0.0, criterion='friedman_mse', in
it=None,
                        learning_rate=0.1, loss='deviance', max_dep
th=2,
                        max_features=None, max_leaf_nodes=None,
                        min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_spl
it=None,
                        min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                        min_weight_fraction_leaf=0.0, n_estimators=
86,
                        n_iter_no_change=None, presort='deprecate
d',
                        random_state=None, subsample=0.665363619680
6847,
                        tol=0.0001, validation_fraction=0.1, verbos
e=0,
                        warm_start=False)
```

Лучшее значение параметров:

In [77]:

```
clf_gs.best_params_
```

Out[77]:

```
{'learning_rate': 0.1,
 'max_depth': 2,
 'n_estimators': 86,
 'subsample': 0.6653636196806847}
```

Средний результат:

In [78]:

```
clf_gs.cv_results_[ 'mean_test_score' ]
```

Out[78]:

```
array([0.72628059, 0.73115791,          nan,          nan, 0.69878671,
        nan, 0.71915108,          nan,          nan, 0.72478003])
```

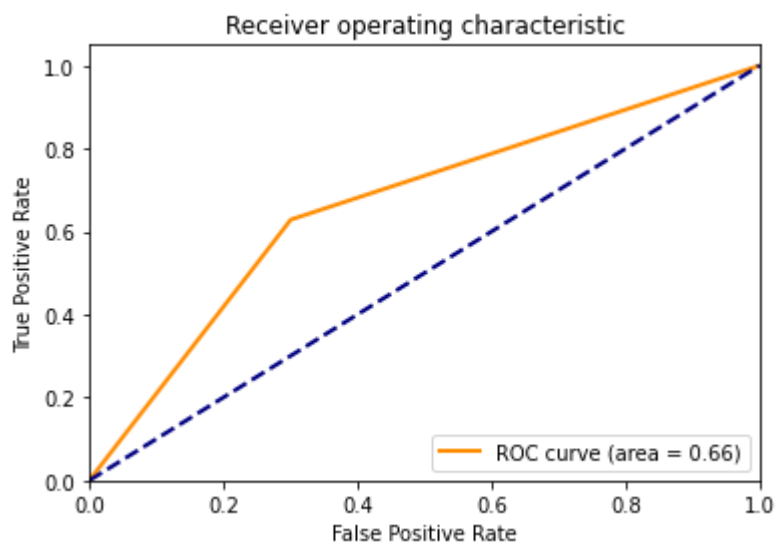
## 8. Сравнение качества полученных моделей с качеством baseline-моделей

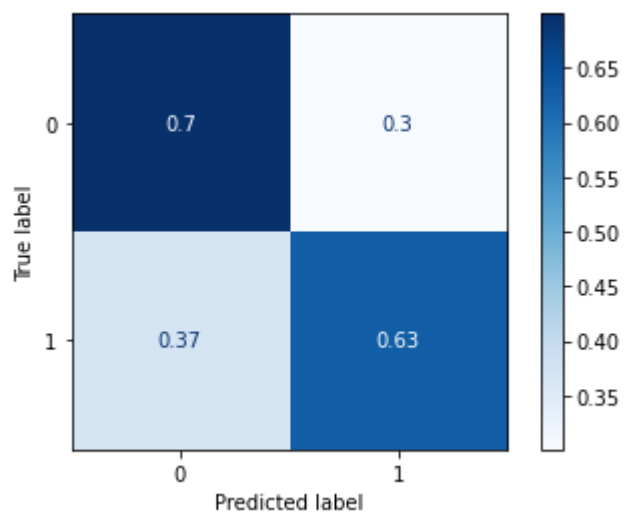
Дерево решений

In [60]:

```
test_model('Tree', DecisionTreeClassifier(), metricLogger)
```

```
*****
*****
DecisionTreeClassifier(ccp_alpha=0.0, class_weight=None, criterion='gini',
                      max_depth=None, max_features=None, max_leaf_nodes=None,
                      min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_split=None,
                      min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                      min_weight_fraction_leaf=0.0, presort='deprecated',
                      random_state=None, splitter='best')
*****
*****
precision: 0.6702226345083488
recall: 0.6285341452805567
accuracy: 0.6645230439442658
roc_auc: 0.6640134800789934
*****
*****
```

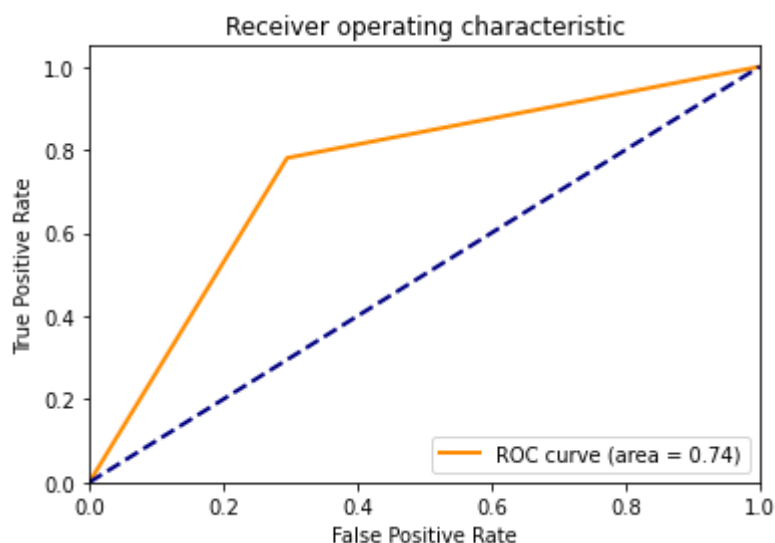


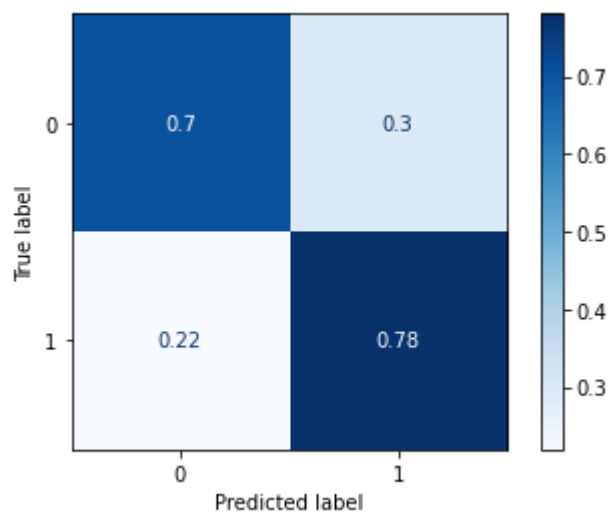


In [61]:

```
test_model('Tree_tuned', RandomizedSearchCV(DecisionTreeClassifier(), tree_parameter
```

```
*****
*****
RandomizedSearchCV(cv=5, error_score=nan,
                    estimator=DecisionTreeClassifier(ccp_alpha=0.0,
                                                       class_weight=None,
                                                       criterion='gini',
                                                       max_depth=None,
                                                       max_features=None,
                                                       max_leaf_nodes=None,
e,
                                                       min_impurity_decre
ase=0.0,
                                                       min_impurity_split
=None,
                                                       min_samples_leaf=
1,
                                                       min_samples_split=
2,
                                                       min_weight_fractio
n_leaf=0.0,
                                                       presort='deprecate
d',
                                                       random_state=None,
                                                       splitter='best'),
                    iid='deprecated', n_iter=10, n_jobs=-1,
                    param_distributions={'max_depth': <scipy.stats._dis
tn_infrastructure.rv_frozen object at 0x11de52198>},
                    pre_dispatch='2*n_jobs', random_state=None, refit=Tr
ue,
                    return_train_score=False, scoring='accuracy', verbo
se=0)
*****
*****
precision: 0.7199036918138042
recall: 0.7803392779469335
accuracy: 0.7421221864951768
roc_auc: 0.7426632991594346
*****
*****
```





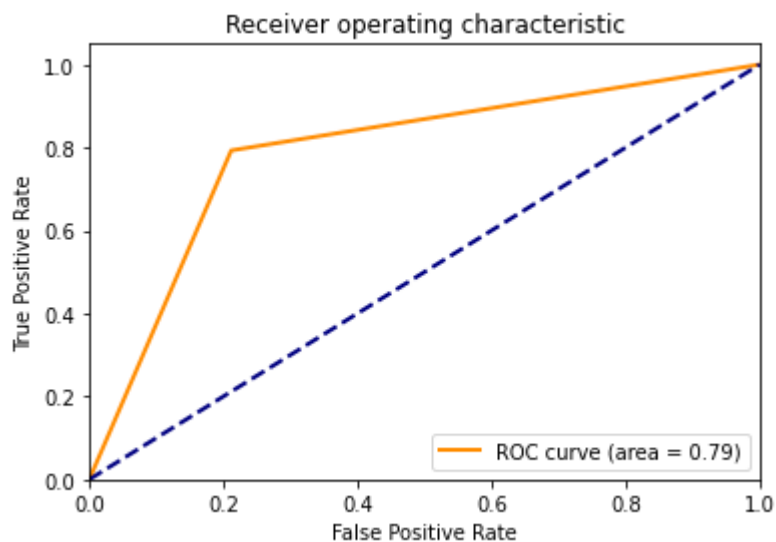
## Градиентный бустинг



In [79]:

```
test_model('GB', GradientBoostingClassifier(), metricLogger)
```

```
*****
*****
GradientBoostingClassifier(ccp_alpha=0.0, criterion='friedman_mse', in
it=None,
                           learning_rate=0.1, loss='deviance', max_dep
th=3,
                           max_features=None, max_leaf_nodes=None,
                           min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_spl
it=None,
                           min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                           min_weight_fraction_leaf=0.0, n_estimators=
100,
                           n_iter_no_change=None, presort='deprecate
d',
                           random_state=None, subsample=1.0, tol=0.000
1,
                           validation_fraction=0.1, verbose=0,
                           warm_start=False)
*****
*****
precision: 0.7844234079173839
recall: 0.7929534580252283
accuracy: 0.7905680600214362
roc_auc: 0.7906018346761813
*****
*****
```

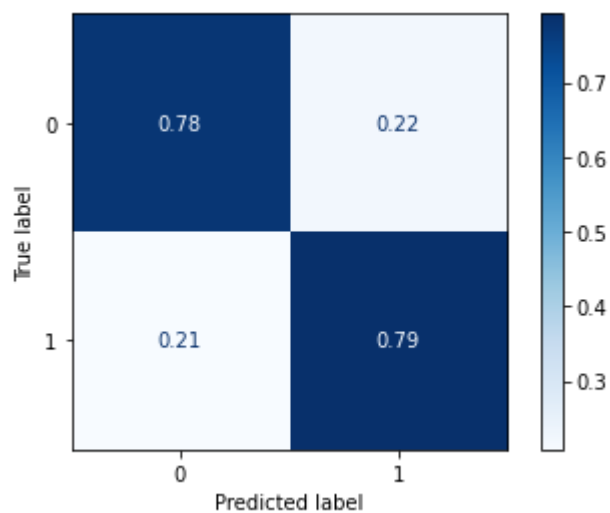
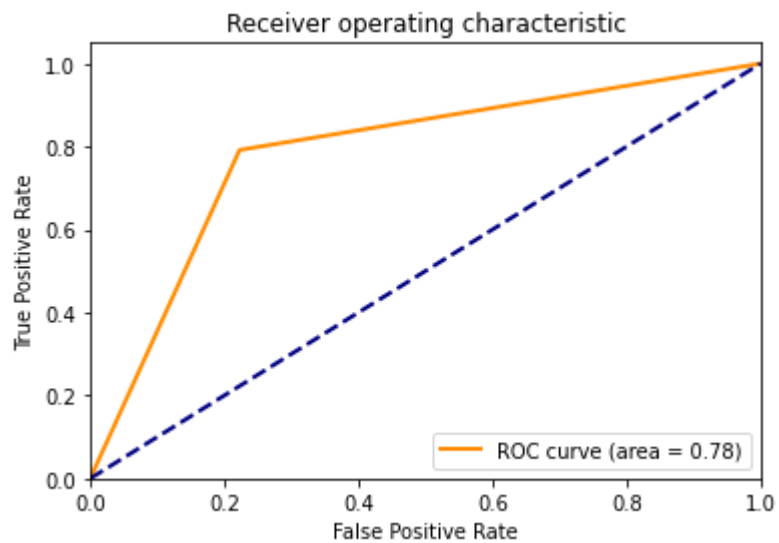




In [80]:

```
test_model('GB_tuned', RandomizedSearchCV(GradientBoostingClassifier(), gb_parameter

*****
*****
RandomizedSearchCV(cv=5, error_score=nan,
                    estimator=GradientBoostingClassifier(ccp_alpha=0.0,
                                                           criterion='friedman_mse',
                                                           init=None,
                                                           learning_rate=
0.1,
                                                           loss='deviance',
                                                           max_depth=3,
                                                           max_features=N
e',
                                                           max_leaf_nodes
=10,
                                                           min_impurity_decrease=0.0,
                                                           min_impurity_split=None,
                                                           min_samples_leaf=1,
                                                           min_samples_split=2,
                                                           min_weight_fraction_leaf=0.0,
                                                           n_estimators=100,
                                                           n_iter=100,
                                                           param_distributions={'learning_rate': [0.001, 0.01,
0.1],
                                                           'max_depth': <scipy.stats._dis
tn_infrastructure.rv_frozen object at 0x11dbc4400>,
                                                           'n_estimators': <scipy.stats._
distn_infrastructure.rv_frozen object at 0x11dbc46a0>,
                                                           'subsample': <scipy.stats._dis
tn_infrastructure.rv_frozen object at 0x11e34b2e8>},
                                                           pre_dispatch='2*n_jobs', random_state=None, refit=True,
                                                           return_train_score=False, scoring='accuracy', verbose=0)
*****
*****
precision: 0.7754580315296122
recall: 0.7916485428447151
accuracy: 0.7843515541264737
roc_auc: 0.7844548715914192
*****
*****
```



## 9. Выводы о качестве построенных моделей

In [81]:

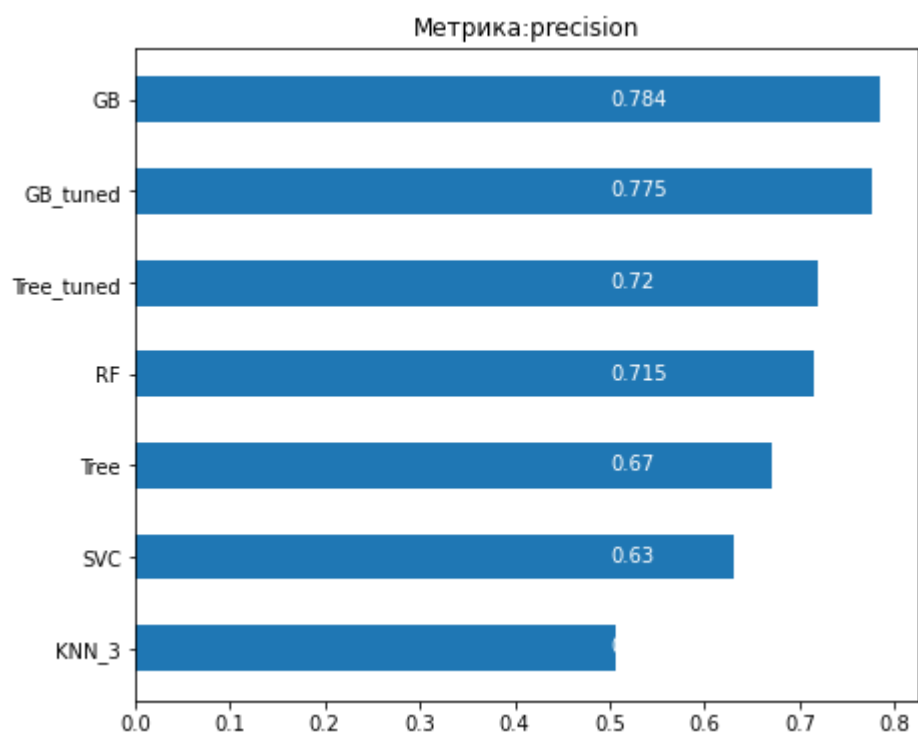
```
metrics = ['precision', 'recall', 'accuracy', 'roc_auc']
metrics
```

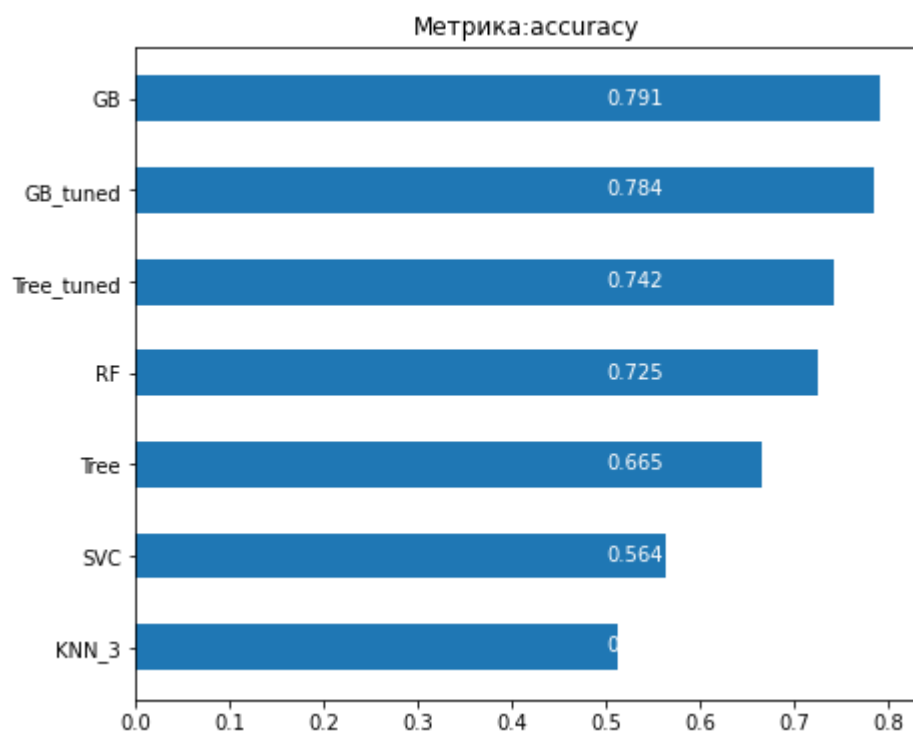
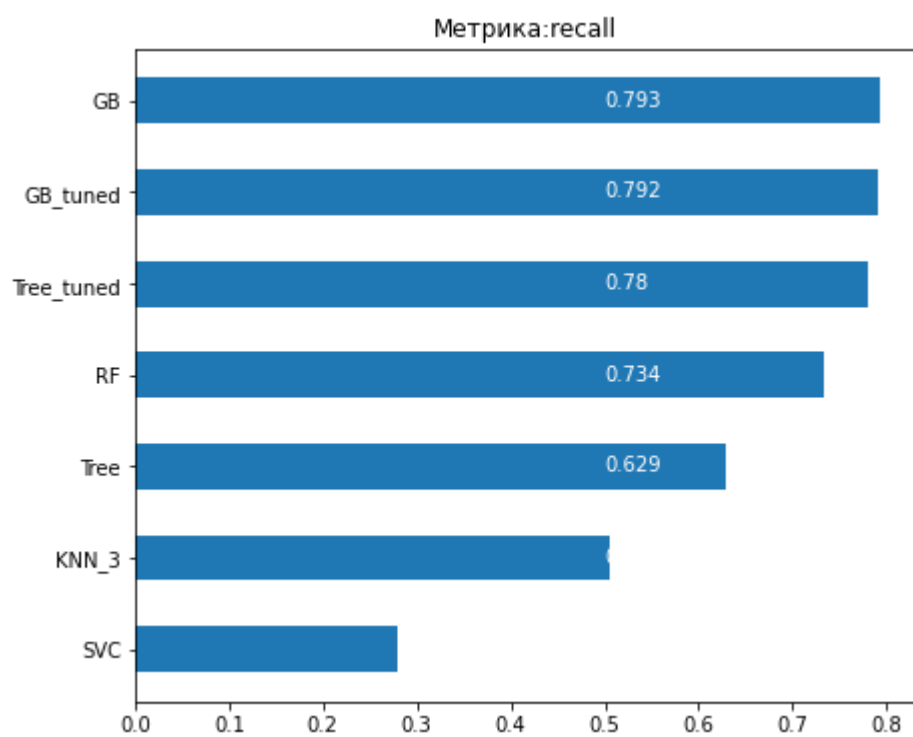
Out[81]:

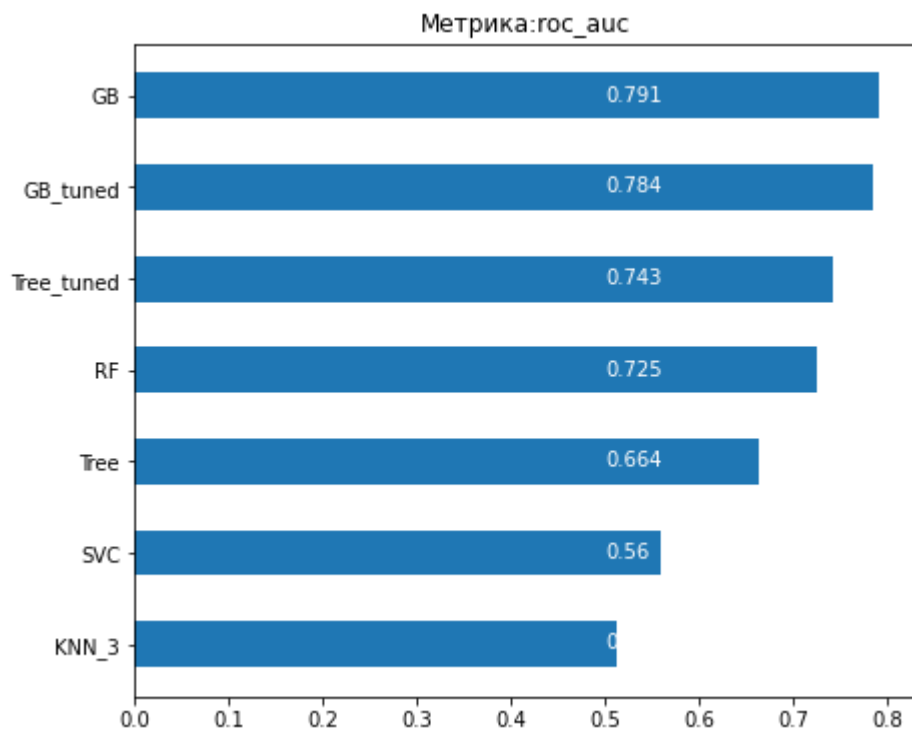
```
['precision', 'recall', 'accuracy', 'roc_auc']
```

In [82]:

```
for metric in metrics:  
    metricLogger.plot('Метрика:' + metric, metric, figsize=(7, 6))
```







## 10. Вывод

Было использовано 5 моделей, для двух из них был проведен подбор гиперпараметров - дерево решений и градиентный бустинг. Лучше всего себя показала модель gradient boosting. Худший результат показали модели KNN и SVC с точностью 0,5. В результате подбора гиперпараметров удалось улучшить точность модели decision tree, однако для модели gradient boosting изменение результатов было незначительным.

## **Заключение**

В данном курсовом проекте мы выполнили типовую задачу машинного обучения. Провели анализ данных, преобразовали готовый датасет под наши потребности, подобрали модели, а также подобрали наиболее подходящие гиперпараметры.

В нашем случае классификатор на основе градиентного бустинга показал лучший результат, однако для данной модели изменение результатов в результате подбора гиперпараметров было незначительным.

В данном проекте были закреплены все знания, полученные в курсе лекций и на лабораторных работах. Часть информации была найдена в различных открытых источниках в интернете.

Проделанная работа вызвала интерес к предмету и дальнейшей работе в этой сфере, которая является одной из самых перспективных и актуальных в современном мире.



## **Литература**

1. Рукописные лекции за 2020 год по дисциплине «Технологии машинного обучения»
2. <https://scikit-learn.org/stable/index.html>
3. <https://www.kaggle.com/datasets>
4. <http://www.machinelearning.ru/>