

Образовательный центр МГТУ им. Н.Э. Баумана

Выпускная квалификационная работа
по курсу «Data Science»

Тема: Прогнозирование конечных свойств
новых материалов (композиционных
материалов)

Слушатель – Петров Павел Алексеевич

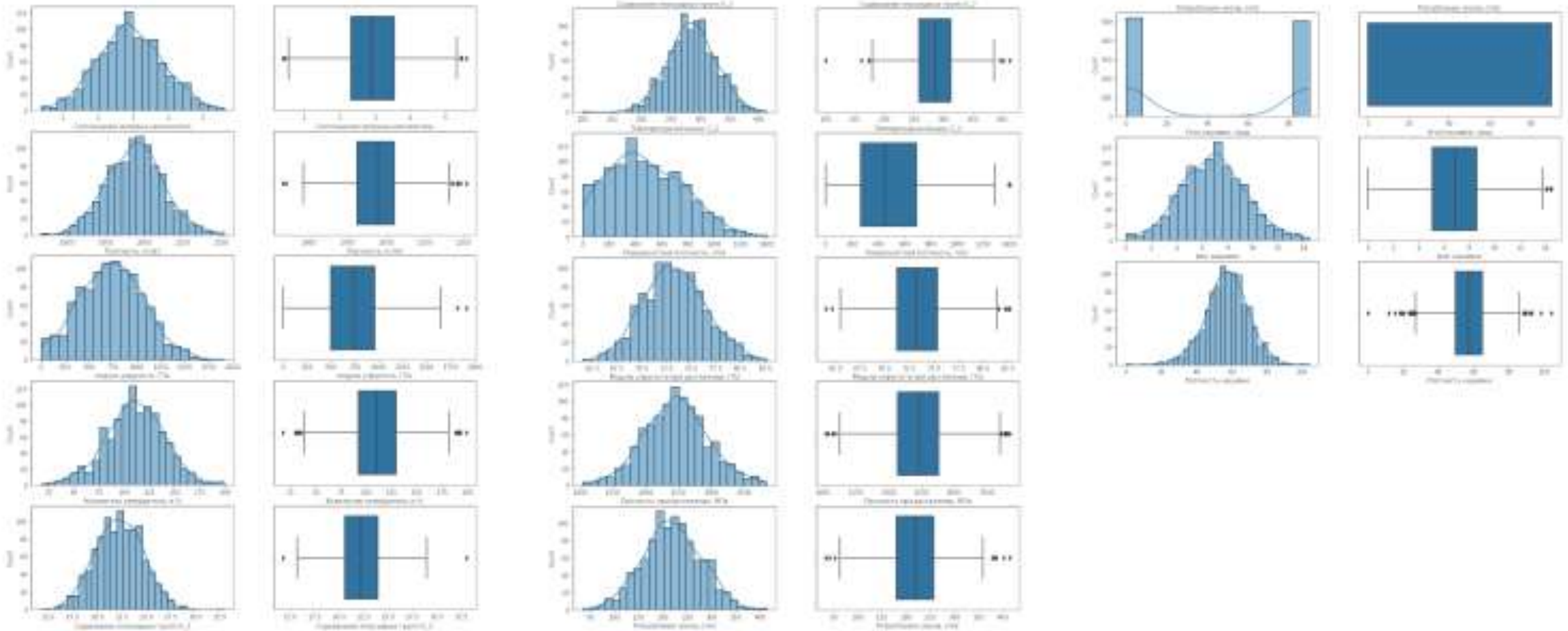
Данные: тип, значения, пропуски



Название	Файл	Тип данных	Непустых значений	Уникальных значений
Соотношение матрица-наполнитель	X_br	float64	1023	1014
Плотность, кг/м3	X_br	float64	1023	1013
модуль упругости, ГПа	X_br	float64	1023	1020
Количество отвердителя, м.%	X_br	float64	1023	1005
Содержание эпоксидных групп, %_2	X_br	float64	1023	1004
Температура вспышки, C_2	X_br	float64	1023	1003
Поверхностная плотность, г/м2	X_br	float64	1023	1004
Модуль упругости при растяжении, ГПа	X_br	float64	1023	1004
Прочность при растяжении, МПа	X_br	float64	1023	1004
Потребление смолы, г/м2	X_br	float64	1023	1003
Угол нашивки, град	X_pur	float64	1023	2
Шаг нашивки	X_pur	float64	1023	989
Плотность нашивки	X_pur	float64	1023	988

	Среднее	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум	Медиана
Соотношение матрица-наполнитель	2.9304	0.9132	0.3894	5.5917	2.9069
Плотность, кг/м3	1975.7349	73.7292	1731.7646	2207.7735	1977.6217
модуль упругости, ГПа	739.9232	330.2316	2.4369	1911.5365	739.6643
Количество отвердителя, м.%	110.5708	28.2959	17.7403	198.9532	110.5648
Содержание эпоксидных групп, %_2	22.2444	2.4063	14.2550	33.0000	22.2307
Температура вспышки, C_2	285.8822	40.9433	100.0000	413.2734	285.8968
Поверхностная плотность, г/м2	482.7318	281.3147	0.6037	1399.5424	451.8644
Модуль упругости при растяжении, ГПа	73.3286	3.1190	64.0541	82.6821	73.2688
Прочность при растяжении, МПа	2466.9228	485.6280	1036.8566	3848.4367	2459.5245
Потребление смолы, г/м2	218.4231	59.7359	33.8030	414.5906	219.1989
Угол нашивки, град	44.2522	45.0158	0.0000	90.0000	0.0000
Шаг нашивки	6.8992	2.5635	0.0000	14.4405	6.9161
Плотность нашивки	57.1539	12.3510	0.0000	103.9889	57.3419

Данные: гистограммы и диаграммы «ящик с усами»



Данные: матрица корреляции

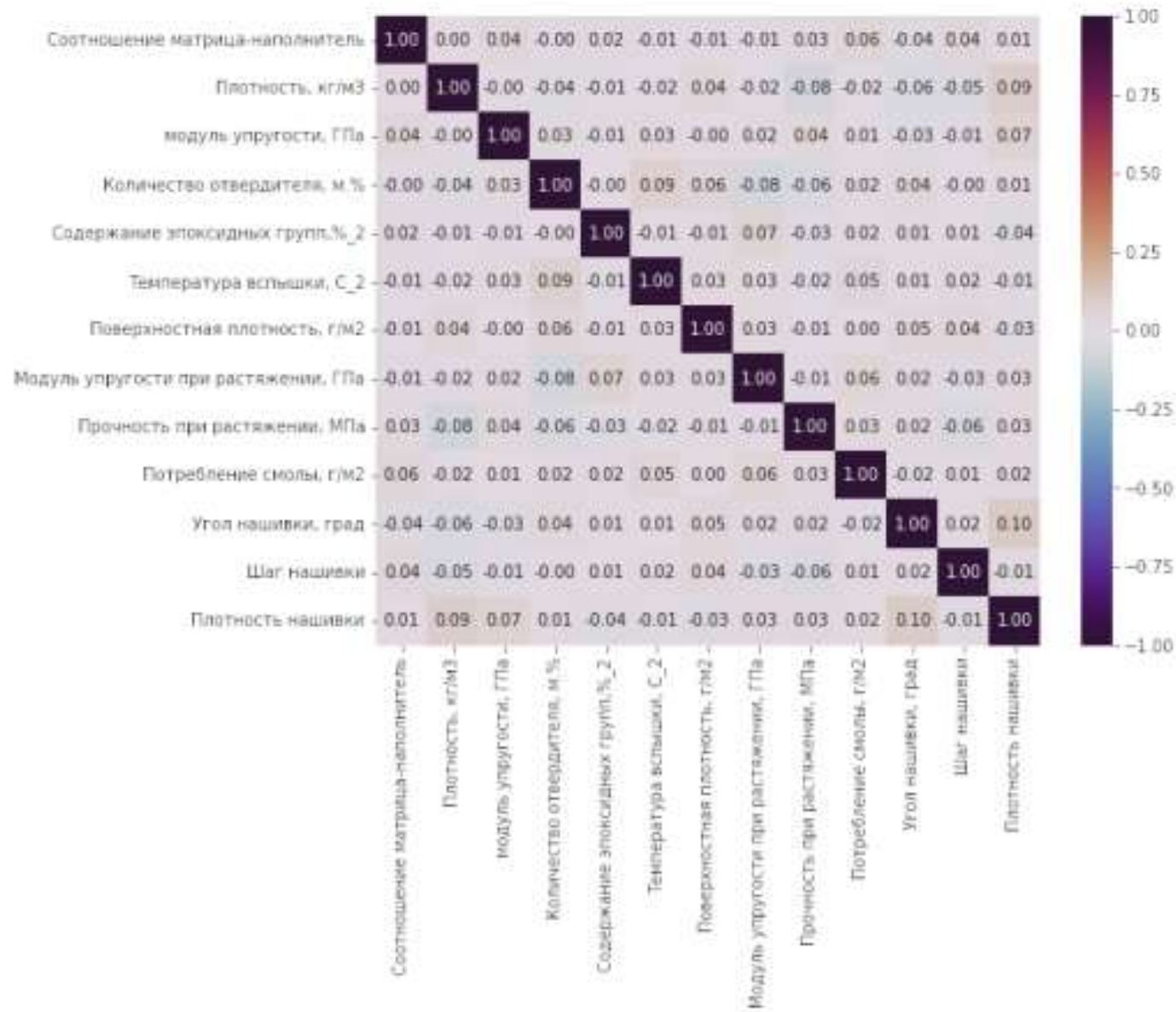


Схема композита



Матрица:

- плотность, кг/м³
- модуль упругости, ГПа
- количество отвердителя, м.%
- содержание эпоксидных групп, %₂
- температура вспышки, С₂
- поверхностная плотность, г/м²
- потребление смолы, г/м²

Композит:

- соотношение матрица-наполнитель
- модуль упругости при растяжении, ГПа
- прочность при растяжении, МПа

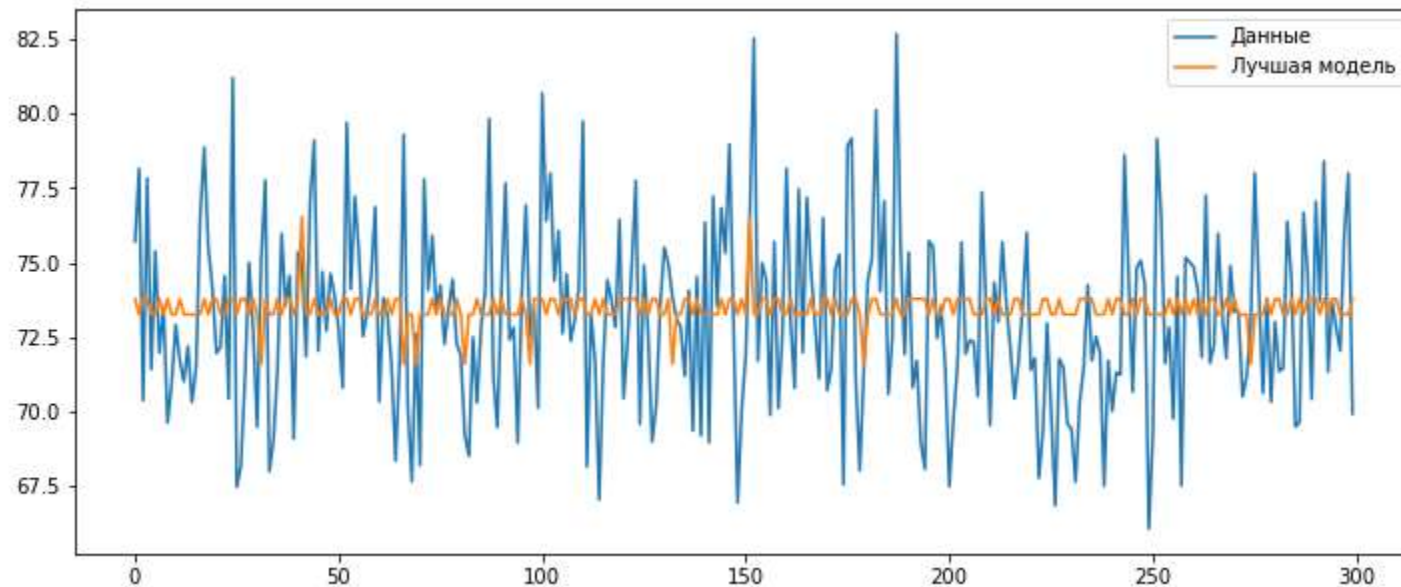
Наполнитель:

- угол нашивки, град
- шаг нашивки
- плотность нашивки

Модель модуля упругости при растяжении

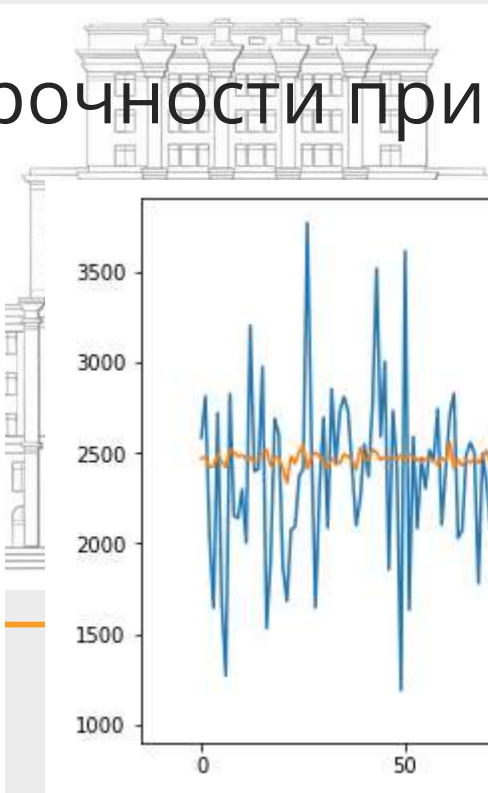


	R2	MAE	max_error
LinearRegression	-0.018532	-2.502366	-8.098392
Ridge	-0.018463	-2.502325	-8.097452
Lasso	-0.019376	-2.510495	-7.798105
SVR	-0.041456	-2.499637	-8.357012
KNeighborsRegressor	-0.238674	-2.725185	-8.823389
DecisionTreeRegressor	-1.034156	-3.589790	-11.822403
RandomForestRegressor	-0.075323	-2.555245	-8.380008
GradientBoostingRegressor	-0.098848	-2.593079	-8.632489



	R2	MAE	max_error
Ridge(alpha=80, positive=True, solver='lbfgs')	-0.016585	-2.494485	-7.850363
Lasso(alpha=0.05)	-0.012094	-2.500839	-7.965382
SVR(C=0.01, kernel='linear')	-0.017814	-2.500515	-8.061850
KNeighborsRegressor(n_neighbors=29)	-0.036593	-2.512539	-8.157406
DecisionTreeRegressor(max_depth=2, max_features=2, random_state=42)	-0.018267	-2.490189	-8.154902
RandomForestRegressor(bootstrap=False, criterion='absolute_error', max_depth=5, max_features=1, n_estimators=50, random_state=42)	-0.017821	-2.497013	-8.146335

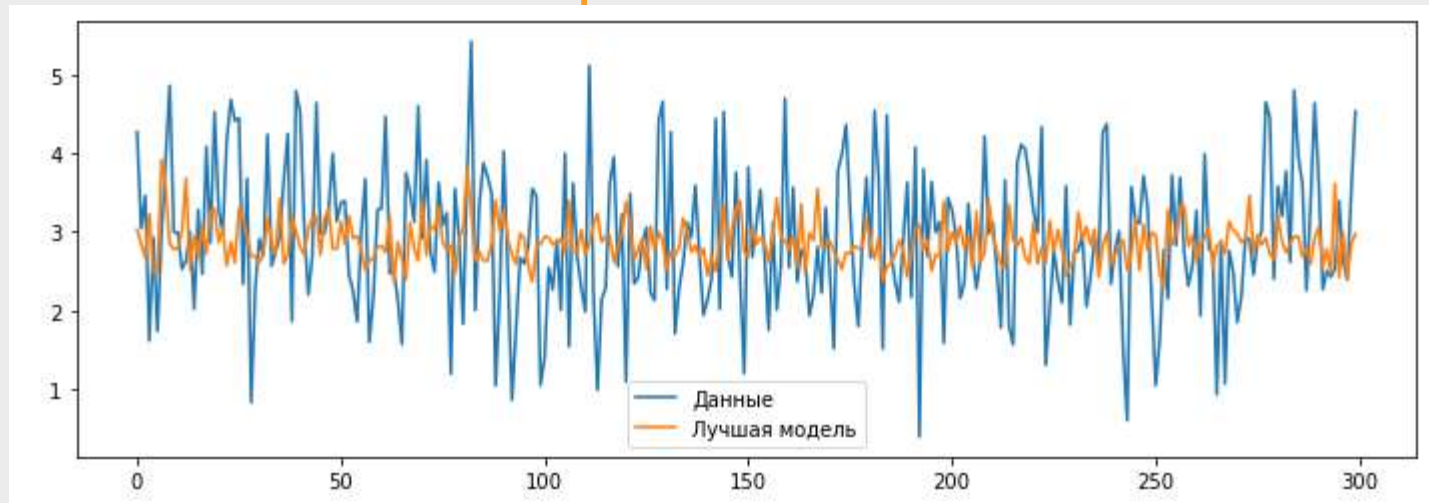
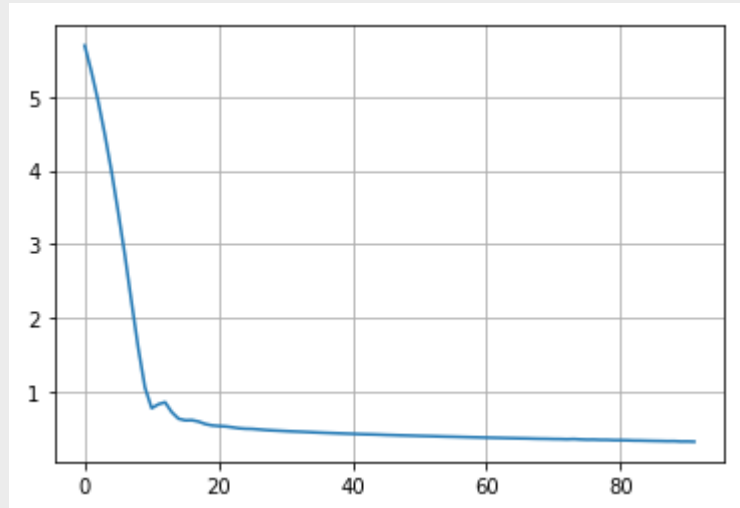
Модель прочности при растяжении



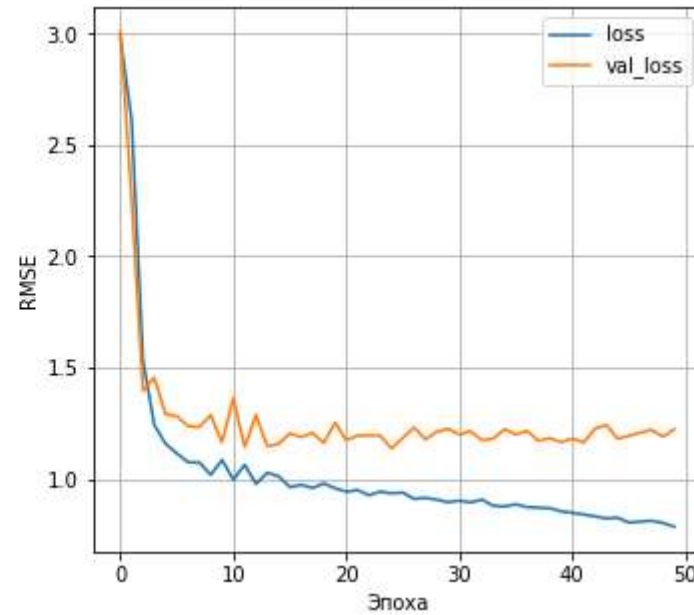
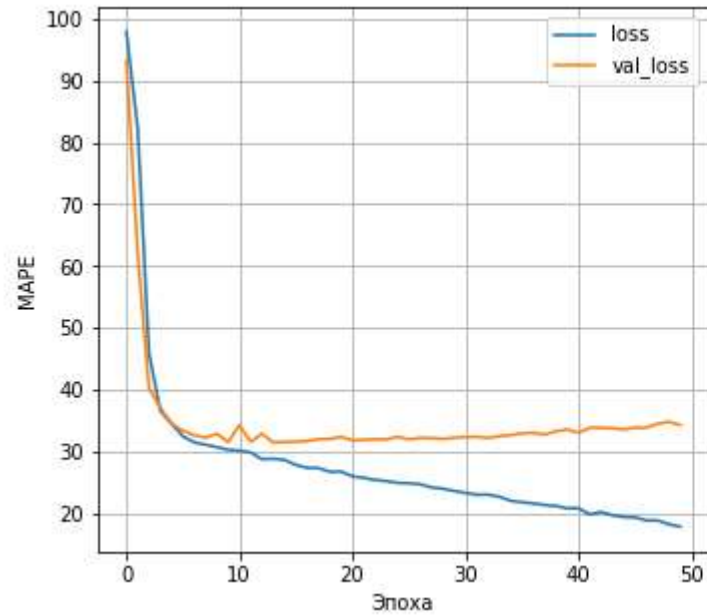
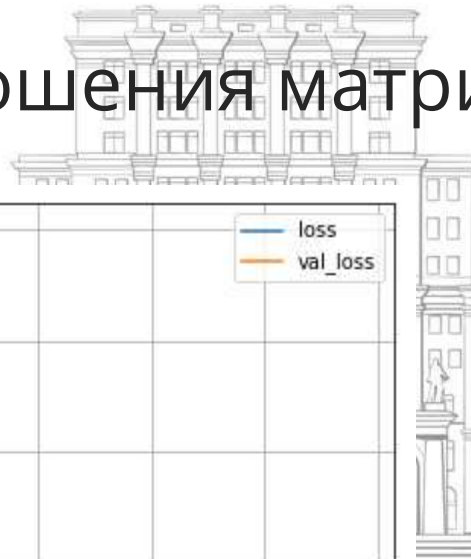
	R2	MAE	max_error
LinearRegression	-0.014804	-391.262712	-1305.947015
Ridge	-0.014749	-391.248131	-1305.883895
Lasso	-0.013580	-390.926249	-1304.848543
SVR	-0.021077	-390.543237	-1279.655107
KNeighborsRegressor	-0.199452	-422.715060	-1379.897274
DecisionTreeRegressor	-1.097452	-561.980002	-1784.349498
RandomForestRegressor	-0.036247	-393.990948	-1325.856363
GradientBoostingRegressor	-0.033926	-398.082126	-1274.138037

	R2	MAE	max_error
Ridge(alpha=710, solver='lsqr')	-0.010113	-389.284538	-1291.069649
Lasso(alpha=20)	-0.010149	-389.214674	-1293.747766
SVR(C=0.02, kernel='linear')	-0.021227	-390.526504	-1279.607766
DecisionTreeRegressor(criterion='poisson', max_depth=3, max_features=10, random_state=42, splitter='random')	-0.014831	-388.216719	-1282.593572
GradientBoostingRegressor(max_depth=2, max_features=1, random_state=42)	0.009853	-386.455905	-1276.277562

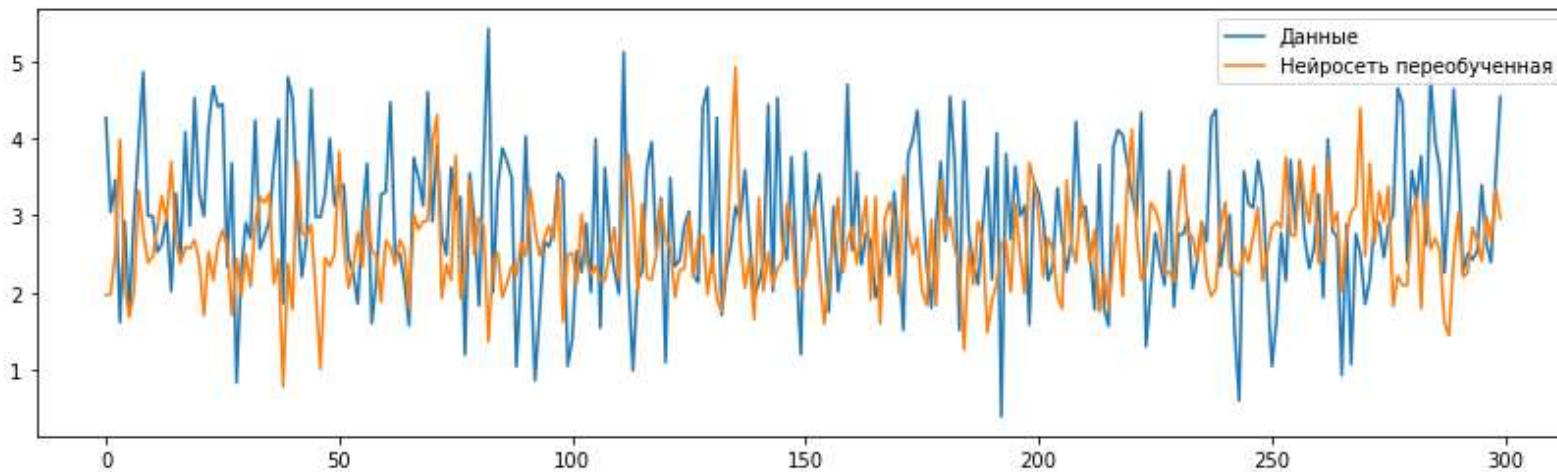
Модель соотношения матрица-наполнитель



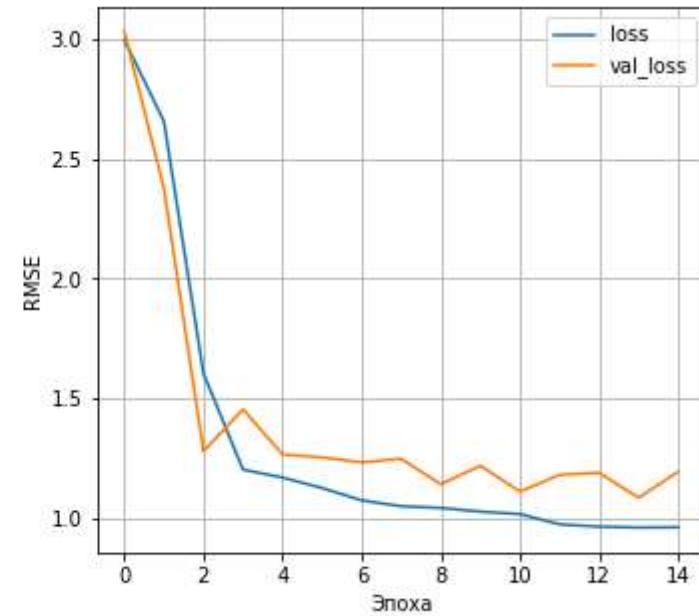
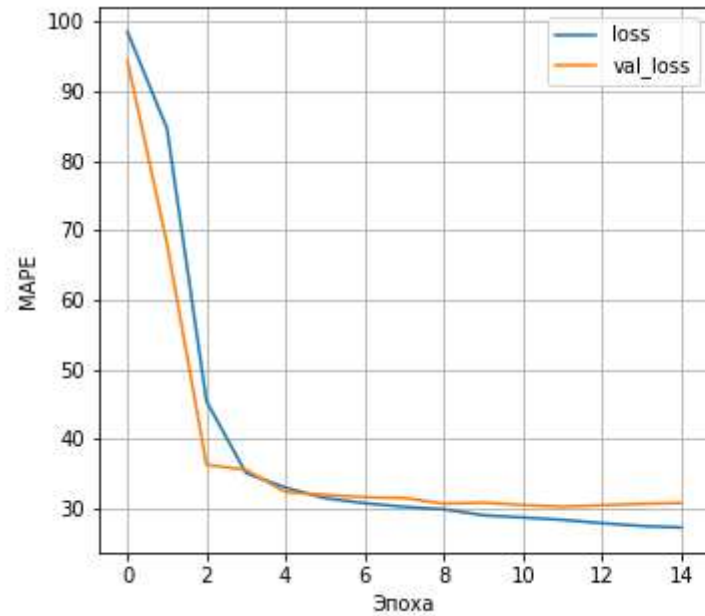
Модель соотношения матрица-наполнитель



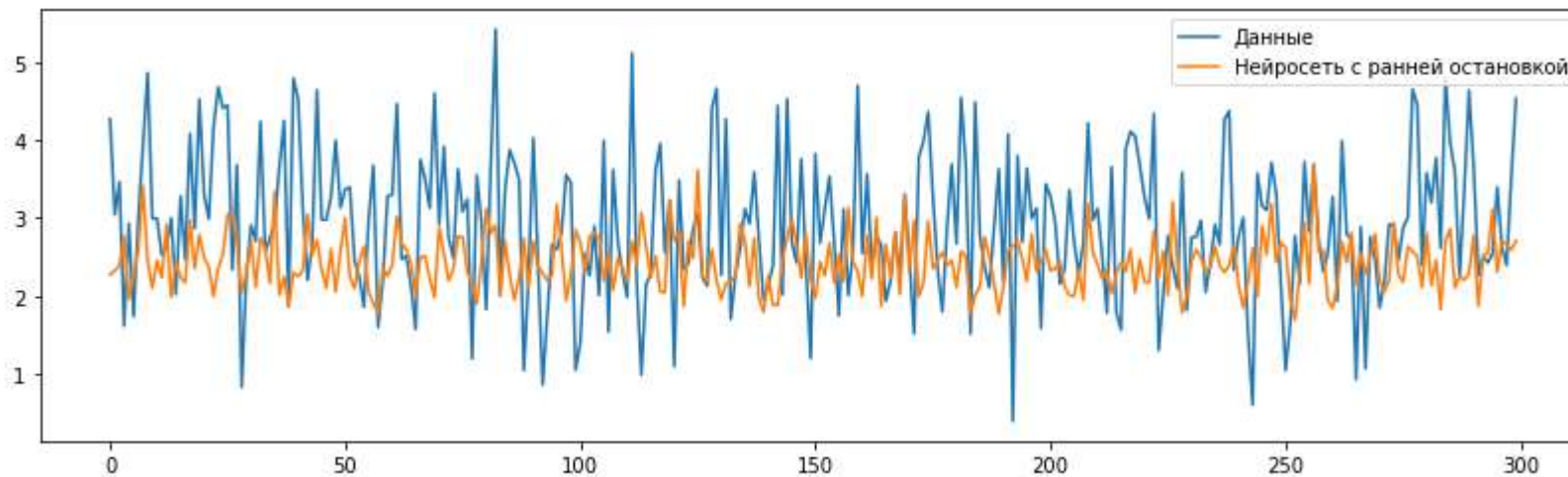
Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_1 (Dense)	(None, 24)	312
dense_2 (Dense)	(None, 24)	600
dense_3 (Dense)	(None, 24)	600
dense_4 (Dense)	(None, 24)	600
dense_5 (Dense)	(None, 24)	600
dense_6 (Dense)	(None, 24)	600
dense_7 (Dense)	(None, 24)	600
dense_8 (Dense)	(None, 24)	600
out (Dense)	(None, 1)	25



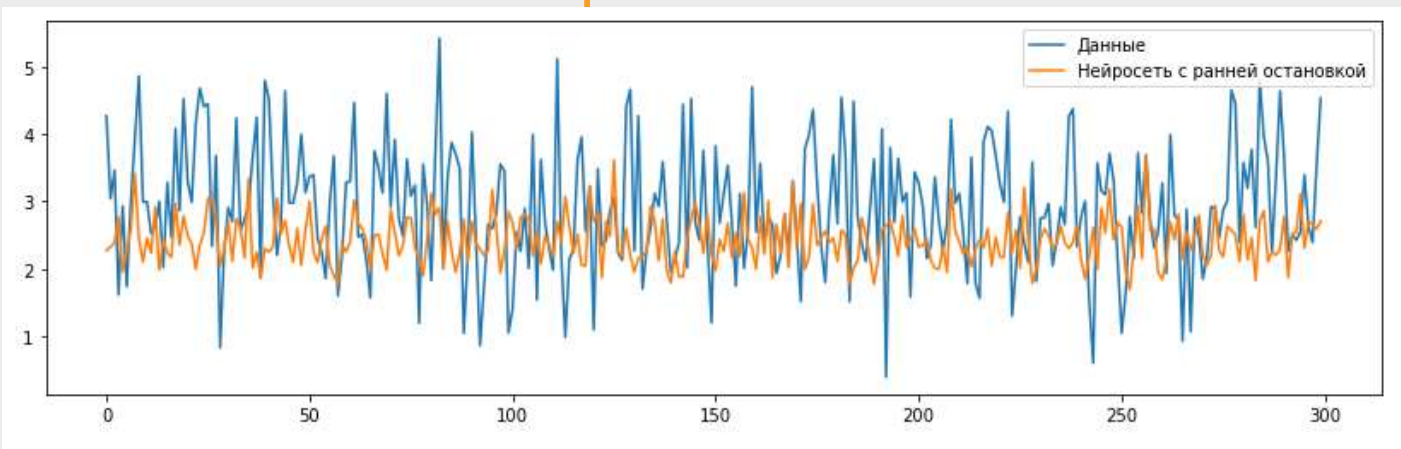
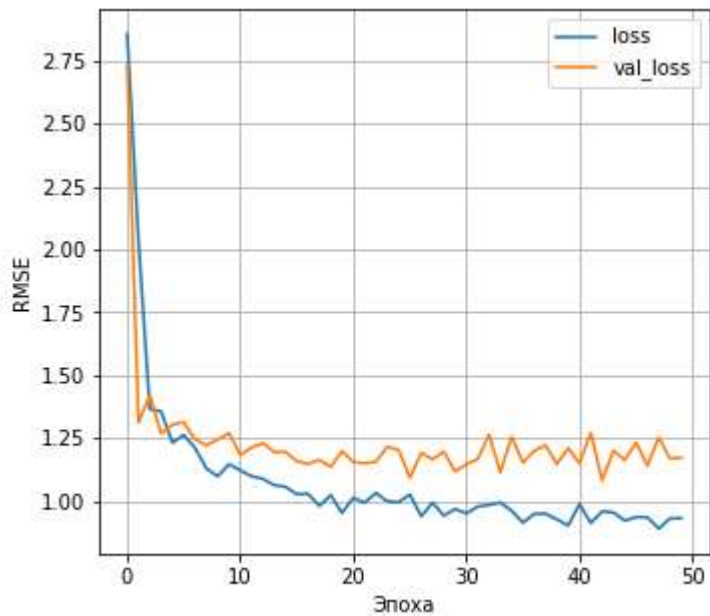
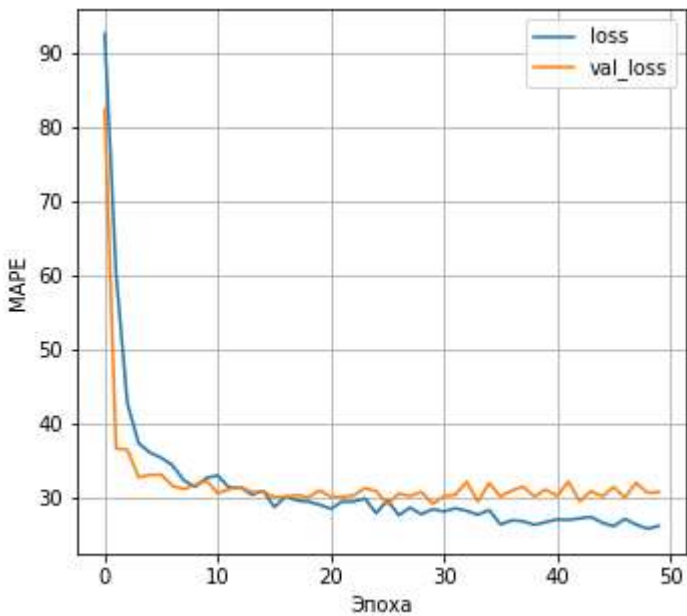
Модель соотношения матрица-наполнитель



Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_1 (Dense)	(None, 24)	312
dense_2 (Dense)	(None, 24)	600
dense_3 (Dense)	(None, 24)	600
dense_4 (Dense)	(None, 24)	600
dense_5 (Dense)	(None, 24)	600
dense_6 (Dense)	(None, 24)	600
dense_7 (Dense)	(None, 24)	600
dense_8 (Dense)	(None, 24)	600
out (Dense)	(None, 1)	25



Модель соотношения матрица-наполнитель



Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_1 (Dense)	(None, 24)	312
dropout_1 (Dropout)	(None, 24)	0
dense_2 (Dense)	(None, 24)	600
dropout_2 (Dropout)	(None, 24)	0
dense_3 (Dense)	(None, 24)	600
dropout_3 (Dropout)	(None, 24)	0
dense_4 (Dense)	(None, 24)	600
dropout_4 (Dropout)	(None, 24)	0
dense_5 (Dense)	(None, 24)	600
dropout_5 (Dropout)	(None, 24)	0
dense_6 (Dense)	(None, 24)	600
dropout_6 (Dropout)	(None, 24)	0
dense_7 (Dense)	(None, 24)	600
dropout_7 (Dropout)	(None, 24)	0
dense_8 (Dense)	(None, 24)	600
dropout_8 (Dropout)	(None, 24)	0
out (Dense)	(None, 1)	25

Приложение

Выпускная квалификационная работа по курсу «Data Science»

Прогнозирование конечных свойств новых материалов (композиционных материалов)

[Прогнозирование модуля упругости при растяжении и прочности при растяжении](#)

[Прогнозирование соотношения матрица-наполнитель](#)



Прогнозирование модуля упругости при растяжении и прочности при растяжении

Соотношение матрица-наполнитель (0..6)

Плотность, кг/м3 (1700...2300)

Модуль упругости, ГПа (2...2000)

Количество отвердителя, м.% (17...200)

Содержание эпоксидных групп, %_2 (14...34)

Температура вспышки, С_2 (100...414)

Поверхностная плотность, г/м2 (0.6...1400)

Потребление смолы, г/м2 (33...414)

Угол нашивки, град (0 или 90)

Шаг нашивки (0...15)

Плотность нашивки (0...104)

Входные переменные:

	Соотношение матрица-наполнитель	Плотность, кг/м3	модуль упругости, ГПа	Количество отвердителя, м.%	Содержание эпоксидных групп, %_2	Температура вспышки, С_2	Поверхностная плотность, г/м2	Потребление смолы, г/м2	Угол нашивки, град	Шаг нашивки	Плотность нашивки
0	4.029126	1880.0	622.0	111.86	22.267857	284.615385	470.0	220.0	90.0	4.0	60.0

Результат модели:



Приложение

Выпускная квалификационная работа по курсу «Data Science»

Прогнозирование конечных свойств новых материалов (композиционных материалов)

[Прогнозирование модуля упругости при растяжении и прочности при растяжении](#)

[Прогнозирование соотношения матрица-наполнитель](#)



Прогнозирование соотношения матрица-наполнитель

Плотность, кг/м³ (1700...2300)

Модуль упругости, ГПа (2...2000)

Количество отвердителя, м.% (17...200)

Содержание эпоксидных групп, %₂ (14...34)

Температура вспышки, С₂ (100...414)

Поверхностная плотность, г/м² (0.6...1400)

Модуль упругости при растяжении, ГПа (64...83)

Прочность при растяжении, МПа (1036...3849)

Потребление смолы, г/м² (33...414)

Угол нашивки, град (0 или 90)

Шаг нашивки (0...15)

Плотность нашивки (0...104)

Входные переменные:

	Плотность, кг/м ³	модуль упругости, ГПа	Количество отвердителя, м.%	Содержание эпоксидных групп, % ₂	Температура вспышки, С ₂	Поверхностная плотность, г/м ²	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Прочность при растяжении, МПа	Потребление смолы, г/м ²	Угол нашивки, град	Шаг нашивки	Плотность нашивки
0	1880.0	622.0	111.86	22.267857	284.615385	470.0	73.333333	2455.555556	220.0	90.0	4.0	60.0

Результат модели:



Спасибо за внимание!



edu.bmstu.ru

+7 495 182-83-85

edu@bmstu.ru

Москва, Госпитальный переулок ,
д. 4-6, с.3