

УДК 62-1

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА МИКРОННЫЕ РАЗМЕРЫ В ЧАСОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Саломеев В. В., студент г. 21205, II курс магистратуры  
Туктарова В. В., к.т.н., доцент кафедры приборостроения  
Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н. Туполева,  
Чистопольский филиал «Восток»  
г. Чистополь

Статья посвящена проблеме изменения размеров стальных деталей с «микронными» допусками при изменении температуры и влажности воздуха. Основная задача исследования – минимизировать зависимость размеров стальных деталей от температуры и влажности воздуха окружающей среды. Для решения данной проблемы необходимо рассмотреть новые производственные материалы, менее подверженные изменениям размеров.

Известно металлы под действием температуры могут расширяться и сужаться, изменяя свои размеры [1]. Если для деталей с большими допусками это изменение размеров не так значительно, то для деталей, у которых этот допуск может достигать 0,002-0,005мм это изменение размера может привести к тому, что деталь выйдет из поля допуска. Особенно если эта деталь работает в каком-либо механизме (например часовом), это изменение размера может привести к не правильной работе механизма.

Ниже приведен анализ влияния температуры воздуха на размеры деталей. Для упрощения решения поставленной задачи был разработан программный код на Python [2]. В рамках исследования были рассмотрены следующие гипотезы:

1. Существует корреляция между влажностью и расширением.
2. Существует корреляция между температурой и расширением.

Исходными данными для анализа являются полученные экспериментальным путем данные о температуре окружающей среды, влажности воздуха и фактическое расширение металла У10А. Эти данные оформлены в табличном виде и представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

№	Температура	Влажность	Расширение, d, У10А
0	13.8	11	0.5020
1	18.4	71	0.5020
2	20.0	23	0.5020
3	19.3	23	0.5020
4	7.1	48	0.5019
...	...	...	...
142	28.8	37	0.5020
143	2.6	59	0.5019
144	15.7	15	0.5020
145	-3.5	57	0.5018

Необходимо считать данные из таблицы и вывести первые 5 строк для проверки считываемости Dataset (набор данных, которые используются для анализа). Для этого выполняется следующая команда:

```
df=pd.read_csv('Y10A.csv', index_col=0)
df.head(5)
```

Таблица 2 - Первые 5 строк

№	Температура	Влажность	Расширение, d, Y10A
0	13.8	11	0.5020
1	18.4	71	0.5020
2	20.0	23	0.5020
3	19.3	23	0.5020

Dataset считывается нормально.

Необходимо вывести информацию о Dataset (типы данных, количество записей и т.д.):

```
df.info()
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Index: 146 entries, 0 to 145
Data columns (total 3 columns):
#   Column                Non-Null Count  Dtype
---  -
0   Температура            146 non-null   float64
1   Влажность              146 non-null   int64
2   Расширение, d, Y10A    146non-null    float64
dtypes: float64(2), int64(1)
memory usage: 4.6 KB
```

В таблице содержится 3 столбца: температура, влажность и расширение объекта измерения. Всего в таблице 146 записей.

Далее необходимо рассчитать оценки математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения, для этого используется функция:

```
df.describe()
```

Таблица 3 - Математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратическое отклонение

	Температура	Влажность	Расширение, d, Y10A
count	146.000000	146.000000	146.000000
mean	9.506164	55.143836	0.501943
std	11.002302	25.707906	0.000070
min	-9.900000	10.000000	0.501800
25%	0.925000	32.000000	0.501900
50%	9.500000	55.500000	0.501900
75%	18.700000	78.500000	0.502000
max	29.400000	99.000000	0.502100

Таким образом, очевидно, что в таблице минимальное значение расширения 0,5018 мм, а максимальное 0,5021 мм, т.е. разница между максимальным и минимальным значением расширения всего 0,0003 мм.

Необходимо проверить набор данных на пропуски, для этого используется `df.isna().sum()`:

```
df.isna().sum()
```

```
Температура      0
```

```
Влажность        0
```

```
Расширение, d, Y10A  0
```

```
dtype: int64
```

Пропусков в Dataset не обнаружено.

Далее необходимо проверить Dataset на дубликаты:

```
df.duplicated().sum()
```

```
0
```

```
df[df.duplicated(keep=False)]
```

Таблица 4 - Результат вывода дубликатов

	Температура	Влажность	Расширение, d, Y10A
125	18.7	19	0.502
140	18.7	19	0.502

В Dataset обнаружены дубликаты. Необходимо удалить их.

```
df.drop_duplicates(inplace=True)
```

```
df.duplicated().sum()
```

```
0
```

Для визуализации данных необходимо построить гистограммы распределения значений по каждому параметру.

Распределение значений температуры:

```
sns.histplot(df['Температура'], kde=True)
```

```
<AxesSubplot:xlabel='Температура', ylabel='Count'>
```

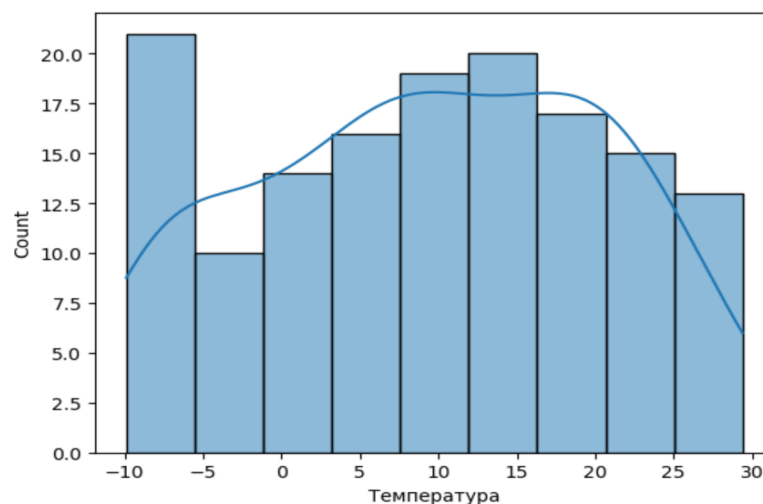


Рисунок 1 - Распределение значений температуры

Как можно увидеть из рис. 1, значения распределены не равномерно.

Распределение значений влажности:

```
sns.histplot(df['Влажность'], kde=True)
```

```
<AxesSubplot:xlabel='Влажность', ylabel='Count'>
```

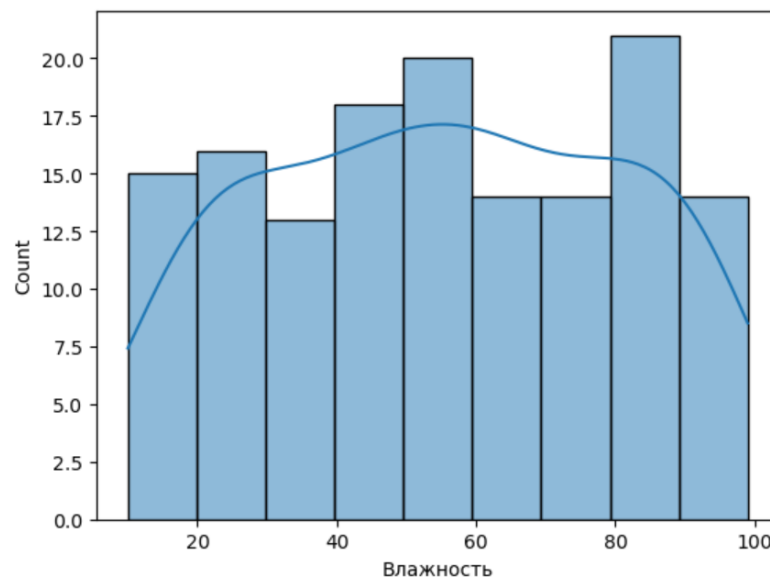


Рисунок 2 - Распределение значений влажности

Как можно увидеть из Рисунка 2, значения так же распределены не равномерно, каких-то значений больше, каких-то меньше.

В окончании необходимо рассмотреть распределение значений расширения:

```
sns.histplot(df['Расширение, d, У10А'], kde=True)
```

```
<AxesSubplot:xlabel='Расширение, d, У10А', ylabel='Count'>
```

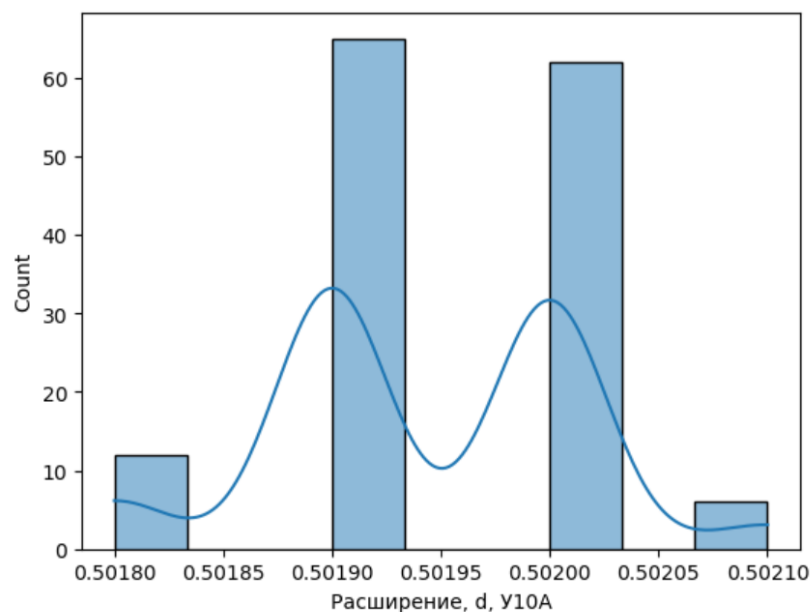


Рисунок 3 - Распределение значений расширения

Как можно увидеть из Рисунка 3, большинство значений расширения для металла У10А находится в интервале 0,5019-0,5020 мм.

В рамках исследования рассмотрены следующие гипотезы:

**Гипотеза 1. Существует корреляция между влажностью и расширением.**

Для проверки гипотезы необходимо построить диаграмму рассеяния переменных:

```
fig, ax = plt.subplots()
sns.scatterplot(data=df, x=df['Влажность'], y=df['Расширение, d, У10А'],
ax=ax)
<Axes: xlabel='Влажность', ylabel='Расширение, d, У10А'>
```

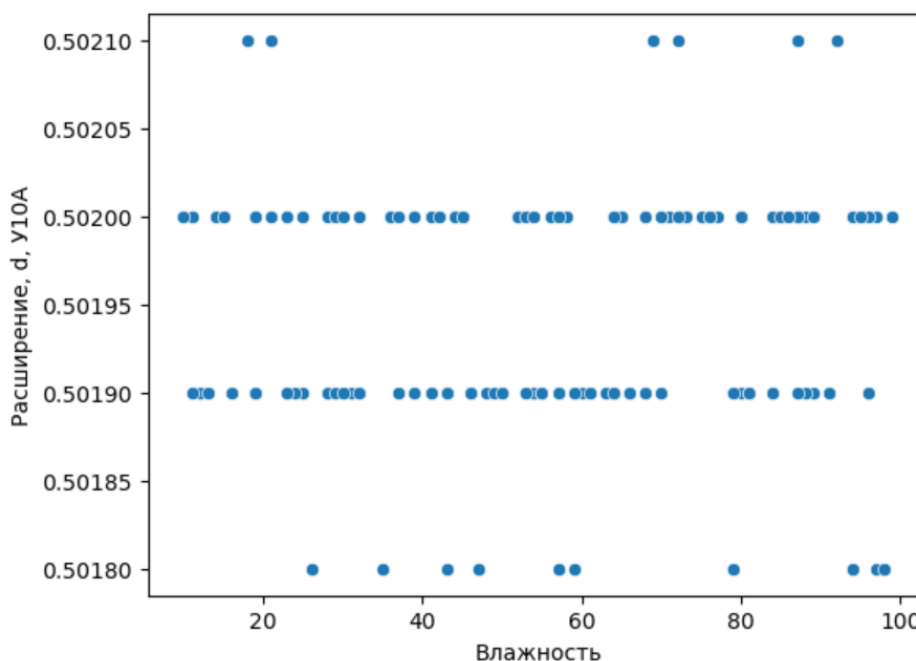


Рисунок 4 - Диаграмма рассеяния, зависимость расширения от влажности

Силу связи также можно определить по коэффициенту корреляции:

```
corr = df['Влажность'].corr(df['Расширение, d, У10А'])
```

```
print('Коэффициент корреляции составил: ', corr)
```

Коэффициент корреляции составил: 0.021400266406730865.

Коэффициент корреляции составил 0.021, что означает отсутствие связи. Расширение не зависит от влажности. Гипотеза не подтвердилась.

Далее рассмотрена вторая гипотеза.

**Гипотеза 2. Существует корреляция между температурой и расширением.**

Для проверки гипотезы необходимо построить диаграмму рассеяния переменных:

```
fig, ax = plt.subplots()
```

```
sns.scatterplot(data=df, x=df['Температура'], y=df['Расширение, d, У10А'],
ax=ax)
<Axes: xlabel='Температура', ylabel='Расширение, d, У10А'>
```

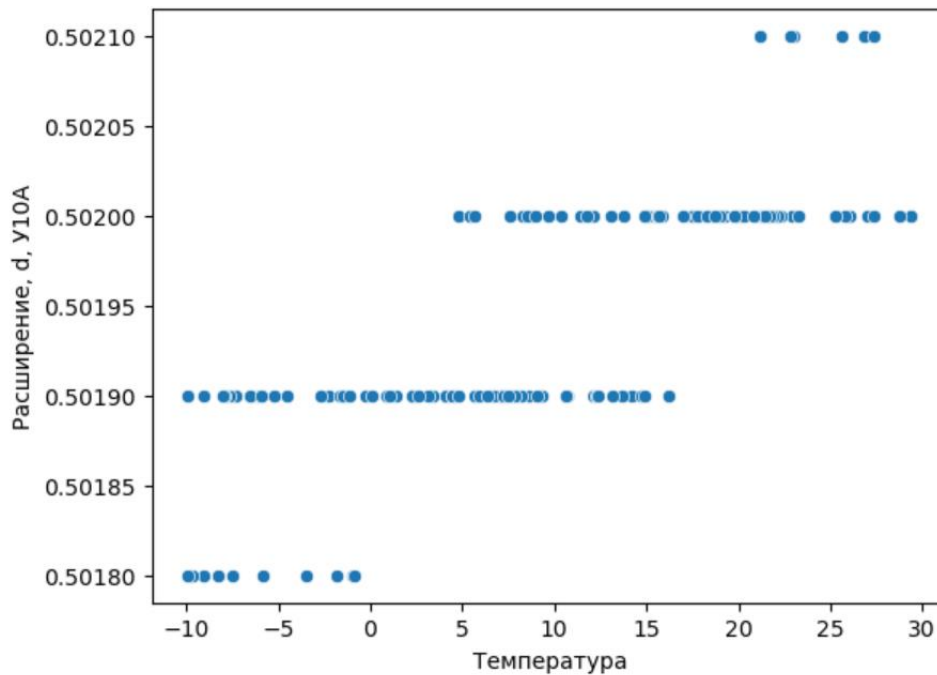


Рисунок 5 - Диаграмма рассеяния, зависимость расширения от температуры

Силу связи также можно определить по коэффициенту корреляции:

```
corr = df['Температура'].corr(df['Расширение, d, У10А'])
```

```
print('Коэффициент корреляции составил: ', corr)
```

Коэффициент корреляции составил: 0.8033803996999792.

Коэффициент корреляции составил 0.80, что означает сильную связь.

Расширение сильно зависит от температуры. Гипотеза подтвердилась.

Общая матрица корреляции:

```
sns.heatmap(corr, annot=True)
```

```
<Axes: >
```

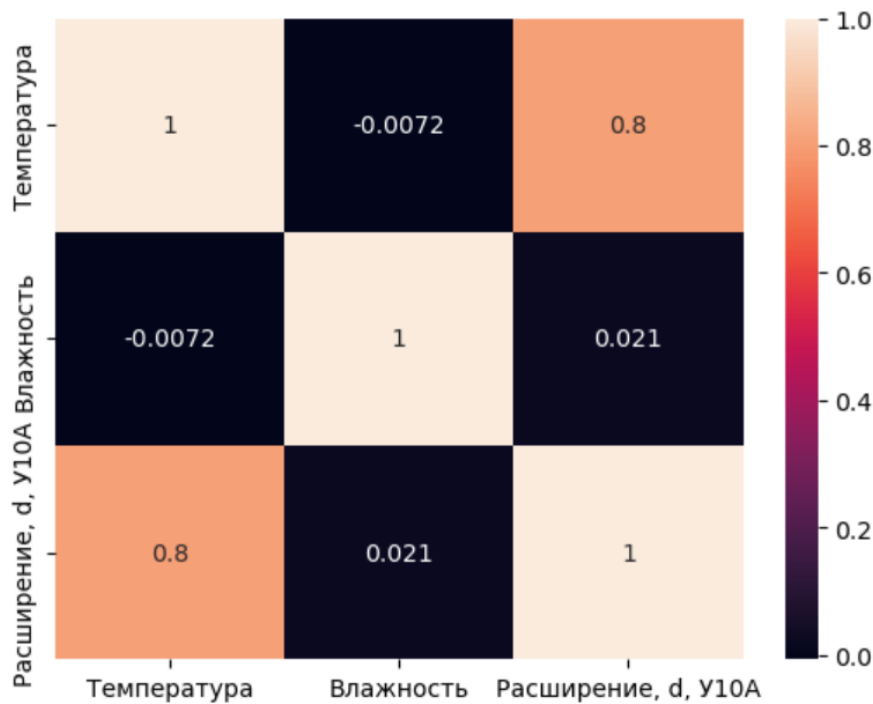


Рисунок 6 - Общая матрица корреляции

По рисунку 6 так же можно увидеть, что:

- Расширение не зависит от влажности. Коэффициент корреляции составил 0.021, что означает отсутствие связи.
- Расширение сильно зависит от температуры. Коэффициент корреляции составил 0.80, что означает сильную связь.

В рамках исследования выполнены следующие задачи:

1. Получены описательные характеристики.
2. Данные проверены на отсутствие пропусков и дубликатов.
3. Получена визуализация распределений температуры, влажности и расширения.
4. Проведен корреляционный анализ.

Вывод: проанализировав исходные данные с помощью Python, можно сделать вывод, что расширение металлов на примере (сталь У10А) сильно зависит от температуры окружающей среды, но не зависит от влажности воздуха. Однако, сравнив минимальное и максимальное значение расширения и получив разницу всего 0,0003 мм для заданного интервала температур, можно сделать вывод, что это расширение незначительно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Саломеев В. В., Туктарова В. В. Минимизация изменений размеров стальных деталей с «микронными» допусками при изменении температуры и влажности воздуха (на примере производства механических наручных часов). // Яковлевские чтения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Скифия-принт, 2023.
2. Маккинни, У. Python и анализ данных / У. Маккинни ; перевод с английского А. А. Слинкина. — 2-ое изд., испр. и доп. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 540 с. — ISBN 978-5-97060-590-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131721> — Режим доступа: для авториз. пользователей.