

УДК 66.021.4

*Бальчугов Алексей Валерьевич,  
д.т.н., профессор кафедры МАХП,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: balchug@mail.ru*

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ НА ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТОДОМ ПАРНЫХ ТОЧЕК

*Balchugov A.V.*

### PREDICTION OF OPERATING PARAMETERS OF EQUIPMENT AT CHEMICAL PRODUCTION BY THE METHOD OF PAIRED POINTS

**Аннотация.** Выполнено прогнозирование различных параметров работы оборудования химического производства методом парных точек: нагрузки установки по сырью, концентрации угарного газа в воздухе промышленной установки, температуры теплообменной поверхности.

**Ключевые слова:** прогноз, метод парных точек, нагрузка по сырью, концентрация угарного газа, температура теплообменной поверхности, химическое производство.

**Abstract.** Prediction of various parameters of operation of chemical production equipment by the method of paired points has been carried out: the load of the installation for raw materials, the concentration of carbon monoxide in the air of an industrial installation, the temperature of the heat exchange surface.

**Keywords:** forecast, method of paired points, load on raw materials, concentration of carbon monoxide, temperature of heat exchange surface, chemical production.

Прогнозирование параметров работы оборудования на химическом производстве имеет большое значение. Корректное краткосрочное прогнозирование позволяет своевременно подготовить оборудование к новым условиям работы, выполнить заблаговременно ремонт оборудования, запланировать затраты на экологические мероприятия на следующий год и т.д.

Рассмотрим несколько актуальных примеров прогнозирования, выполненных методом парных точек. Метод парных точек прост и удобен в использовании. Он позволяет для имеющихся данных построить аппроксимирующую линию и с ее помощью выполнить прогноз (экстраполяцию). Метод парных точек состоит в следующем [1]. Пусть на графике имеется 8 точек. Необходимо построить прямую линию, аппроксимирующую эти точки. Пронумеруем точки по порядку от 1 до 8. Точками 1 и 5 определяется одна прямая линия с некоторым углом наклона. Точно также и другие пары точек (2 и 6, 3 и 7, 4 и 8) образуют прямые линии. В результате получаем четыре значения тангенса угла наклона разных линий  $m_i$ . В качестве наилучшего значения тангенса  $m$  выбирается среднее значение  $\bar{m}$ . Линия с тангенсом угла наклона  $\bar{m}$  должна проходить через точку, координаты которой являются среднегарифметическим координат имеющихся то-

чек  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$ .

Выполним прогноз нагрузки по сырью установки химического предприятия методом парных точек. В таблице 1 приведены данные по нагрузке установки химического завода по сырью за несколько лет (с 2015 по 2020 год).

Таблица 1. Данные по нагрузке установки по сырью за 2015-2020 гг.

| Год,<br>координата $x$ | Нагрузка по сырью,<br>тыс. тонн,<br>координата $y$ |
|------------------------|--|
| 2015                   | 5,2  |
| 2016                   | 6,8  |
| 2017                   | 5,6  |
| 2018                   | 6,4  |
| 2019                   | 7,5  |
| 2020                   | 7,0  |
| 2021                   | ?  |
| $\bar{x}=2017,5$       | $\bar{y}=6,6$                                      |

По этим данным видно, что в целом наблюдается тенденция увеличения нагрузки установки по сырью в течение последних нескольких лет. Необходимо попытаться спрогнозировать ожидаемую нагрузку на установку в 2021 году. Перенесем данные таблицы 1 на график и пронумеруем точки (рис. 1).

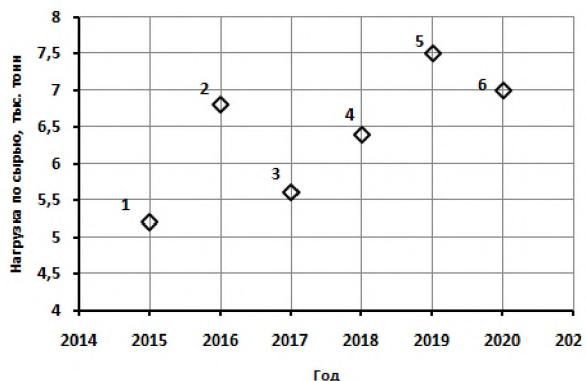


Рис. 1. Нагружка установки по сырью за 2015-2020 гг.

Построим три вспомогательные прямые (сплошные) линии, используя пары точек 1 и 4, 2 и 5, 3 и 6 (рис. 2).

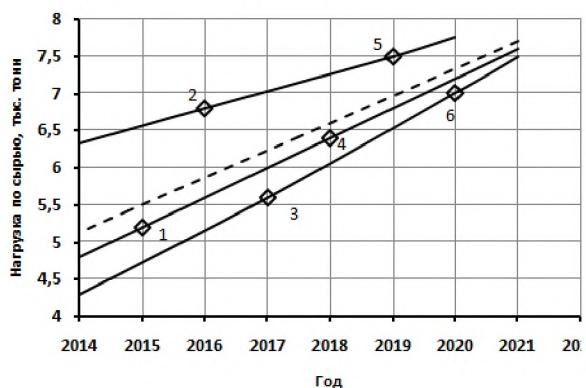


Рис. 2. Построение вспомогательных прямых линий: сплошные линии – вспомогательные; пунктирующая линия – аппроксимирующая.

Определим тангенс угла наклона каждой вспомогательной (сплошной) линии:  $m_1=0,23$ ;  $m_2=0,40$ ;  $m_3=0,47$ . Средний тангенс угла наклона аппроксимирующей линии составит  $\bar{m}=0,37$ .

Координаты точки  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  приведены в таблице 1. По тангенсу угла наклона  $\bar{m}$  и по координатам точки  $\bar{x}$ ;  $\bar{y}$  построена искомая линия (пунктир на рис. 2). С ее помощью можно спрогнозировать нагрузку установки по сырью в 2021 году. Она составит 7,7 тыс. тонн.

Метод парных точек можно применить для прогнозирования экологической ситуации на производстве. В таблице 2 приведены данные по концентрации угарного газа CO в воздухе промплощадки за январь-июнь. Необходимо дать прогноз концентрации CO на июль.

Таблица 2. Концентрация CO в воздухе промплощадки

| №, координата $x$ | Месяц   | Концентрация CO в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$ ; координата $y$ |
|-------------------|---------|--|
| 1                 | январь  | 0,95   |
| 2                 | февраль | 0,77   |
| 3                 | март    | 1,52   |
| 4                 | апрель  | 1,98   |
| 5                 | май     | 1,24   |
| 6                 | июнь    | 2,18   |
| $\bar{x}=3,5$     |         | $\bar{y}=1,44$   |
| 7                 | июль    | ?  |

Представим данные таблицы 2 в графическом виде (рис. 3).

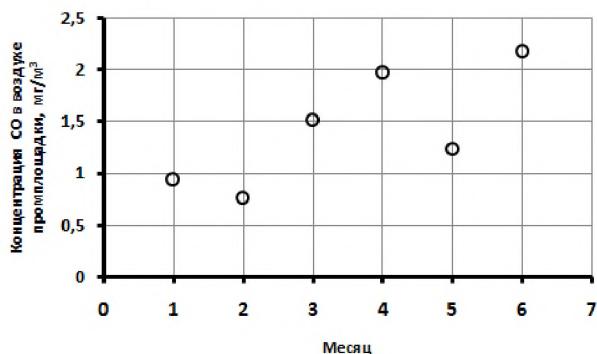


Рис. 3. Концентрация CO в воздухе промплощадки; номер точки соответствует порядковому номеру месяца.

Построим вспомогательные линии для пар точек 1 и 4, 2 и 5, 3 и 6, и определим тангенс угла наклона каждой прямой линии (рис. 4).

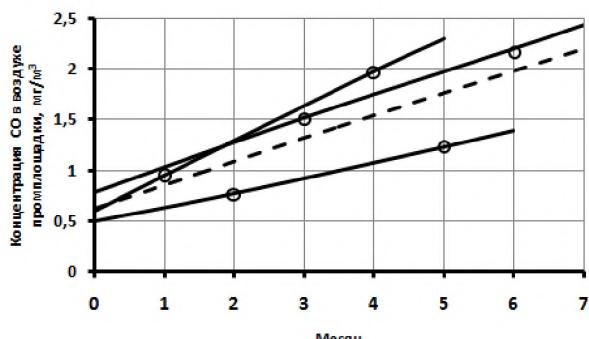


Рис. 4. К прогнозированию концентрации CO: сплошные линии – вспомогательные; пунктирующая линия дает прогноз.

Тангенсы угла наклона вспомогательных линий (рис. 4):  $m_1=0,34$ ;  $m_2=0,23$ ;

$m_3=0,16$ . Средний тангенс угла наклона составит:  $\bar{m}=0,24$ . Средние арифметические координаты всех точек приведены в таблице 2:  $\bar{x}=3,5$ ;  $\bar{y}=1,44$ . По средним  $\bar{m}$ ;  $\bar{x}$ ;  $\bar{y}$  строим прямую (на рис. 4 – пунктира). В соответствии с прогнозом (пунктирная линия на рис. 4) концентрация CO в воздухе промплощадки в июле (месяц 7) составит  $2,2 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Известно, что образование накипи внутри труб парового котла приводит к перегреву внешней поверхности труб. В таблице 3 приведены экспериментальные данные о зависимости температуры наружной стенки трубы парового котла от толщины слоя накипи внутри трубы. Необходимо дать прогноз, какой будет температура внешней стенки трубы парового котла при толщине слоя накипи внутри трубы 6 мм.

Таблица 3. Зависимость температуры внешней стенки трубы от толщины слоя накипи

| Толщина слоя накипи внутри трубы, мм (координата $x$ ) | Температура внешней поверхности трубы, °C (координата $y$ ) |
|--|---|
| 0  | 272   |
| 1  | 319   |
| 2  | 357   |
| 3  | 405   |
| 4  | 424   |
| 5  | 447   |
| 6  | ?   |
| $\bar{x}=2,5$  | $\bar{y}=371$   |

Зависимость температуры внешней поверхности трубы от толщины слоя накипи в графическом виде приведена на рис. 5.

Соединим пары точек 0 и 3, 1 и 4, 2 и 5 вспомогательными сплошными линиями, и определим тангенс угла наклона каждой полученной прямой линии (рис. 6):  $m_1=47,5$ ;  $m_2=35$ ;  $m_3=30$ . Средний тангенс угла наклона составит:  $\bar{m}=37,5$ .

Средние арифметические координаты всех точек приведены в таблице 3:  $\bar{x}=2,5$  мм;  $\bar{y}=371$  °C. По средним  $\bar{m}$ ;  $\bar{x}$ ;  $\bar{y}$  строим прямую (на рис. 6 – пунктира). В соответствии с прогнозом (пунктирная линия на рис. 6) температура внешней поверхности стенки

трубы при толщине слоя накипи внутри трубы 6 мм составит  $540$  °C.

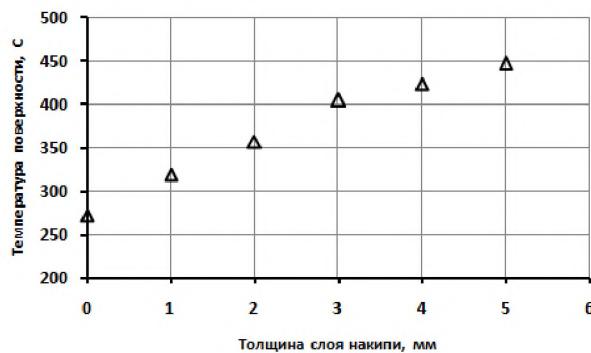


Рис. 5. Зависимость температуры внешней поверхности трубы от толщины слоя накипи; номер точки соответствует толщине слоя накипи.

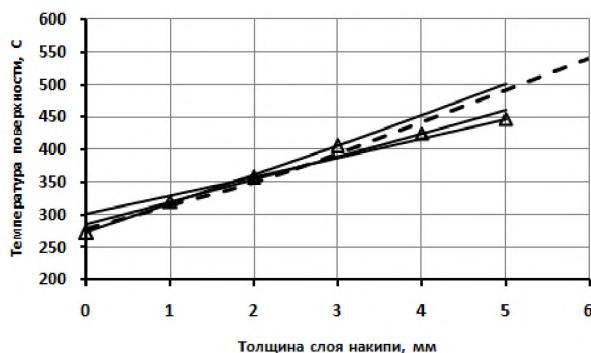


Рис. 6. К прогнозированию температуры внешней поверхности трубы при толщине слоя накипи 6 мм: сплошные линии – вспомогательные; пунктирная линия дает прогноз.

Таким образом, метод парных точек позволяет прогнозировать значения параметров работы и эксплуатации оборудования на химическом и нефтехимическом производстве. Однако, такой прогноз имеет всегда вероятностный характер, и прогнозируемое значение параметра является лишь наиболее вероятным из множества других возможных значений при условии сохранения в будущем имеющейся тенденции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сквайрс Дж. Практическая физика. М., 1971, 247 с.