

Р.И. МАКАРОВ,
Е.Р. ХОРОШЕВА

**Изучение и анализ заболеваемости
работников стекольного
производства**

УДК 613.6:661.1

ФГБОУ ВО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Владимир

В статье описываются результаты изучения и анализа заболеваемости работников стекольного производства. Разработаны математические модели, описывающие причинно-следственные зависимости заболеваемости работников от содержания вредных веществ в выбросах и сбросах производства. Даны рекомендации по выбору корректирующих действий.

Технологический процесс стекловарения характеризуется вовлечением в производство большого количества разнообразных химических веществ (в том числе токсичных, агрессивных), высоким энергопотреблением, значительными потерями тепла и выделением в окружающую среду вредных веществ [1].

В соответствии со ст. 25 ФЗ № 52 от 30 марта 1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» законодательно установлено: «Условия труда, рабочее место и трудовой процесс не должны оказывать вредное действие на человека» [2]. Именно социально-гигиенический мониторинг является системой отслеживания влияния факторов среды обитания (в том числе факторов производственной среды) на здоровье работающих, установления возможной связи между заболеванием и условиями труда, а также подготовки эффективных профилактических мероприятий» [3].

Охрана окружающей среды при производстве стекла связана, прежде всего, с уменьшением выбросов и сбросов загрязняющих веществ в атмосферу и водоемы. Анализ материалов заболеваемости с временной утратой трудоспособности

осуществлялся с использованием следующих статистических показателей:

1. Частоты заболеваемости в случаях (число случаев на 100 работающих);

2. Частоты заболеваемости в днях (число дней утраты трудоспособности на 100 работающих),

Анализ материалов заболеваемости включает сопоставление показателей заболеваемости полученных данных с показателями предшествующих лет [4].

Для отслеживания влияния содержания вредных веществ в выбросах и сбросах на здоровье работающих и установления возможной связи между заболеванием и условиями труда были использованы среднемесячные статистические данные о заболеваемости работников, содержания вредных веществ в выбросах и сбросах стекольного производства за несколько лет наблюдений..

Содержание вредных веществ в выбросах стекловаренных печей оценивалось концентрацией оксида азота, диоксида азота, оксида углерода (СО). Содержание вредных веществ в выбросах, кроме СО, не превышало предельно допустимые выбросы (ПДВ).

Вредные вещества в производственно – ливневой воде после прохождения очистных сооружений (сбросы) оценивались содержанием нефтепродуктов, алюминия, химических поглотителей кислорода (ХПК), железа, сульфатов, взвешенных веществ. Вредные вещества в сбросах превышали предельно допустимого содержания (ПДС).

Данные, характеризующие функционирование стекольного производства за ряд последовательных равноотстоящих моментов времени, представляют временные ряды. Модели временных рядов представляют аддитивные случайные процессы, содержащие трендовые, гармонические (детерминированные) и случайные компоненты (рис 1-4).



Рис.1. Содержание оксида азота в выбросах



Рис. 2. Содержание взвешенных веществ в сбросах



Рис. 3. Случаи заболевания работников



Рис. 4. Дни утраты трудоспособности работников

Для изучения причинно-следственных зависимостей заболеваемости работников производства от содержания вредных веществ в выбросах и сбросах, воспользуемся методикой статистической оценки взаимосвязи временных рядов. Наличие трендовых и гармонических компонент приводит к серьезным проблемам при проведении корреляционно-регрессионного анализа данных временных рядов. Поэтому на предварительном этапе анализа была выявлена структура изучаемых временных рядов

и проведено центрирование данных. Дальнейший анализ взаимосвязи рядов проводился с использованием не исходных уровней, а центрированных рядов $x1^0 - x6^0$, $y1^0$, получаемых путем вычитания из исходного ряда детерминированных компонент.

Случаи заболевания работников стекольного производства $y1^0$ описываются адекватно полиномиальной регрессионной моделью. (1). Коэффициент детерминации $R^2=58,5\%$, статистически значим при уровне значимости 0,05.

$$y1^0 = 0,103 - 0,0788 x1^0 + 0,00779(x1^0)^2 + 0,227 x2^0 + 2,059 x3^0 - 1,031 (x3^0)^2 + 4,574 x4^0 - 0,00275(x5^0)^2 - 0,1017 x6^0, \quad (1)$$

где $x1^0$ – содержание оксида азота в выбросах, мг/дм³;

$x2^0$ – содержание диоксида азота в выбросах, мг/дм³;

$x3^0$ – содержание нефтепродуктов в сбросах, мг/дм³;

$x4^0$ – содержание железа в сбросах, мг/дм³;

$x5^0$ – содержание химических поглотителей в сбросах, мг/дм³;

$x6^0$ – содержание взвешенных веществ в сбросах, мг/дм³.

Для оценки влияния анализируемых факторов $x1^0-x6^0$ на заболеваемость была рассчитана чувствительность $y1^0$ к изменению содержания вредных веществ в выбросах и сбросах. Чувствительность оценивалась постановкой вычислительного эксперимента при среднем уровне влияющих факторов и приращениях, равных среднеквадратичным отклонениям. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1

Чувствительность заболеваемости к изменению факторных переменных

Переменная	Средний уровень	Приращение	Чувствительность, 1/(мг/дм3)
$x1^0$	0,0095	12,743	-0,787
$x2^0$	0,004	2,429	0,228
$x3^0$	-0,0009	0,962	2,061
$x4^0$	-0,0032	0,299	4,57
$x5^0$	0,0052	21,624	-2,87E-05
$x6^0$	0,2146	8,143	0,102

Наиболее чувствительна заболеваемость работников $y1^0$ к изменению содержания железа ($x4^0$) и нефтепродуктов ($x3^0$) в сбросах. Эти составляющие целесообразно изменять в первую очередь при выборе корректирующих действий.

Коэффициент детерминации модели (1) 58,5%, отражает невысокую степень влияния на заболеваемость содержания вредных веществ в выбросах и сбросах производства. Вероятно, существуют и другие факторы, оказывающие влияние на заболеваемость работников.

Анализ зависимости числа дней утраты трудоспособности от содержания вредных веществ в выбросах и сбросах показал возможность описания ее полиномиальной моделью второго порядка (2). Точность описания низкая, среднеквадратичная ошибка модели 14,5 дней, коэффициент детерминации 38,4%.

$$y2^0 = 0,606 + 60,31x4^0 - 0,026(x5^0)^2 + 56,21x2^0x4^0 - 0,25x2^0x5^0 - 3,25x4^0x5^0 \quad (2)$$

Представляет интерес анализ влияния трендовой и гармонической составляющих вредных веществ, содержащихся в выбросах и сбросах $x1^*$ - $x6^*$, на соответствующие компоненты во временных рядах заболеваемости $y1^*$ и дней утраты трудоспособности $y2^*$.

Перед тем как проводить статистический анализ причинно-следственных связей, оценим независимость исходных переменных $x1^*$ - $x6^*$. Для чего строим матрицу парных корреляций (таблица 2).

Таблица 2

Корреляционная матрица факторных переменных

Переменные	$x1^*$	$x2^*$	$x3^*$	$x4^*$	$x5^*$	$x6^*$
$x1^*$	1	0,981	-0,605	0,262	-0,900	-0,015
$x2^*$	0,981	1	-0,441	0,072	-0,799	0,135
$x3^*$	-0,605	-0,441	1	-0,926	0,891	0,631
$x4^*$	0,263	0,072	-0,926	1	-0,656	-0,757
$x5^*$	-0,900	-0,799	0,891	-0,656	1	0,354
$x6^*$	-0,015	0,135	0,631	-0,757	0,354	1

Недиагональные элементы значимо отличаются от нуля, что подтверждает мультиколлениарность данных, следовательно, имеет смысл проводить факторный анализ. Факторный анализ позволяет выявить и обосновать действия различных признаков

и их комбинаций на исследуемый процесс путем снижения их размерности. Матрица корреляций исходных признаков обрабатывалась с использованием анализа главных компонент (таблица 3).

Таблица 3

Factor	Percent of Cumulative		
Number	Eigenvalue	Variance	Percentage
F1	4,13492	98,959	98,959
F2	0,0428526	1,026	99,985
F3	0,000638564	0,015	100,000

Из таблицы 3 видно, что фактор $F1$ несет в себе больше информации о выборке (98,959%), чем остальные факторы. Используя критерий отсеивания Р. Кеттелла выбираем число факторов, равное одному.

Используя варимакс-вращение факторов получаем факторную структуру, наиболее доступную для интерпретации при данном соотношении переменных и факторов (таблица 4).

Таблица 4

Factor Loading Matrix Before Rotation	
Factor	
F1	
x3*	0,145
x4*	-0,049
x6*	2,027

Значения в ячейках таблицы 4 - это факторная нагрузка переменной x_i^* по фактору $F1$. По каждой переменной (строке) выделяется наибольшая по абсолютной величине нагрузка - как доминирующая. Такой является содержание взвешенных веществ в сбросах - $x6^*$.

Оценки факторных коэффициентов являются коэффициентами линейного уравнения, связывающего значение фактора и значения исходных переменных. Они показывают, с каким весом входят исходные значения каждой переменной в оценку фактора:

$$F1 = 0,145 x3^* - 0,049 x4^* + 2,027 x6^* \quad (3)$$

Вычисленные оценки факторов $F1$, как новые переменные, являются независимыми, отражающими реальную структуру взаимосвязей исходных признаков и наиболее полно передают исходную эмпирическую информацию. С использованием оценок $F1$ были построены линейные уравнения регрессии:

$$y1^* = 5,273 - 0,0528F1 \quad (4)$$

со среднеквадратичной ошибкой 0,152 мг/дм³, коэффициентом детерминации $R^2=67,9\%$;

$$y2^* = 30,558 + 1,546F1 \quad (5)$$

со среднеквадратичной ошибкой 6,1 дней, коэффициентом детерминации $R^2=52,9\%$.

Подставляя в уравнения (4) и (5) значение факторной переменной (3) получаем регрессионные уравнения в исходных переменных:

$$y1^* = 5,273 - 0,00767 x3^* + 0,0026 x4^* - 0,107 x6^* \quad (6)$$

$$y2^* = 30,559 + 0,224 x3^* - 0,076 x4^* + 3,135 x6^* \quad (7)$$

Уравнение регрессии по заболеваемости (6) имеет низкую чувствительность к изменению содержания примесей в сбросах. Чувствительность уравнение (7) к изменению содержания взвешенных веществ $x6^*$ равна 3,135 1/(мг/дм³). Взвешенные вещества в сбросах могут рассматриваются как корректирующие воздействия при уменьшении числа дней утраты трудоспособности.

Располагая полученными данными о наличии причинно-следственных связей между заболеваемостью, временной утратой трудоспособности и особенностями условий и характера трудовой деятельности, можно разрабатывать системы оздоровительных мероприятий, внедрение которых на стекольных производствах будет способствовать сохранению здоровья работающих.

Литература

1. Макаров, Р.И., Хорошева, Е.Р. Влияние выбросов стекловаренных печей на заболеваемость работников производства [Электронный ресурс]/ Р.И. Макаров, Е.Р. Хорошева// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. Электронный журнал №1(30). 2015. –С.46-51.- Режим доступа: amisod.ru
2. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: [Федеральный закон No 52-ФЗ от 30 марта 1999г.]

3. Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга: [Постановление правительства РФ от 02.02.2006 года No 60].

4. *Макаров Р.И.* Анализ заболеваемости работников стекольного производства [Электронный ресурс]/ Р.И.Макаров/ Научный альманах (технические науки), 2017, №6-1 (32), -С.392-395.-Режим доступа: na@ucom.ru

МАКАРОВ Р.И.

MAKAROV.RUSLAN@GMAIL.COM