

# Методология научных исследований в техносферной безопасности



## Лекция № 4: Общие методологические основы обеспечения безопасности в техносфере, часть 2: Научный подход к факторам аварийности и травматизма

к.т.н., ст. преподаватель Шушпанов А. Н.

shushpanov@muctr.ru +7 903 257 7788

РХТУ им. Д.И. Менделеева

Москва, 2021

# Предупреждение происшествий

---



С развитием технологических процессов и производственного оборудования совершенствовались и способы предупреждения происшествий в техносфере.

Сейчас, когда накоплены определенный опыт исследований и данные об имевших место происшествиях, можно подвести некоторые итоги и выявить причины, без устранения которых невозможно дальнейшее развитие системы обеспечения производственной безопасности.

Необходимым условием успешного решения этой задачи является детальное изучение имеющихся **статистических данных**.

## Показатели статистической оценки



Наиболее объективными показателями, применяемыми в настоящее время для статистической оценки уровня безопасности конкретной отрасли техносферы, являются **число происшествий** и **размеры ущерба** от них.

$$K_{\text{ч}} = \frac{H \cdot 1000}{P} \quad K_{\text{т}} = \frac{Д}{H}$$

Поэтому для выявления основных факторов аварийности и травматизма должны быть использованы статистические данные о происшествиях, зарегистрированных в течение достаточно продолжительного времени.

# Динамика аварийности и травматизма: предпосылки



Представим достаточно репрезентативную выборку технологических объектов (несколько тысяч). Покажем динамику изменения математического ожидания числа происшествий и величины среднего социально-экономического ущерба от их появления на репрезентативном интервале времени (годы).



«Сглаживание» статистической кривой изменения среднегодового количества происшествий, проведенное методом наименьших квадратов, позволило установить характер регрессионной зависимости, которая имеет следующий вид:

$$\bar{X}_j = 1 + 4e^{-0,3j},$$

где  $j = 0, 1, 2, \dots$  – время функционирования выбранных технологических объектов, годы.

## Динамика аварийности и травматизма: анализ (1/2)



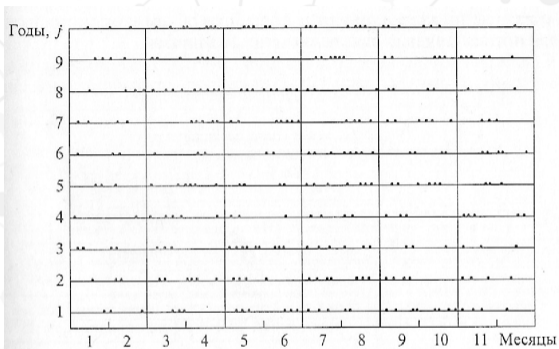
Характерной чертой рассматриваемого периода времени является явно выраженная тенденция к постепенному снижению количества происшествий и ущерба от них.

## Динамика аварийности и травматизма: анализ (2/2)



Имеющиеся «всплески» и «провалы» в значениях показателей  $\bar{X}_j$ ,  $\bar{Y}_j$  объясняются различной интенсивностью работ в изучаемый период времени, а также (предположительно) внедрением комплекса организационно-технических мероприятий, регламентирующих порядок подготовки и проведения особо опасных технологических процессов на данных объектах.

# Закономерности для происшествий во времени



Для выявления закономерностей во времени возникновения происшествий внутри календарного года данные об аварийности и травматизме на рассматриваемой выборке объектов представляют в виде потока событий путем наложения моментов времени их появления по конкретным месяцам каждого года рассматриваемого периода.



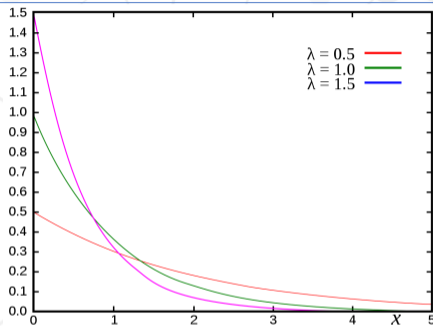
# Закономерности происшествий во времени: анализ

---



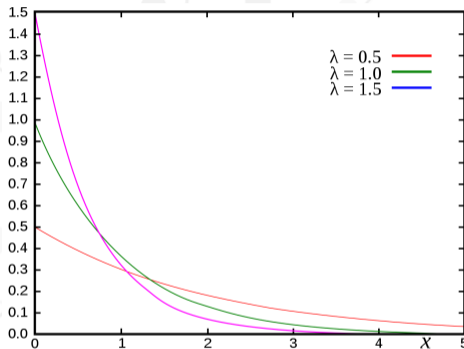
Изучение характера распределения происшествий во времени позволило выдвинуть статистическую гипотезу о случайности возникновения этих событий и возможности аппроксимации закона изменения времени между их возникновением – **экспоненциальным распределением**.

# Экспоненциальное распределение (1/2)



**Правило 1.** Пусть будет магазин, в который время от времени заходят покупатели. При определенных допущениях время между появлениями двух последовательных покупателей будет случайной величиной с экспоненциальным распределением. Среднее время ожидания нового покупателя равно  $1/\lambda$ . Сам параметр  $\lambda$  тогда может быть интерпретирован как среднее число новых покупателей за единицу времени.

## Экспоненциальное распределение (2/2)



**Правило 2.** Пусть покупатели приходят в магазин случайно, но с некоторой фиксированной средней интенсивностью. Тогда количество времени, уже затраченное продавцом в ожидании клиента, не влияет на время, которое ему ещё придётся прождать.

# Закономерности происшествий во времени: анализ



В процессе анализа имеющихся статистических данных были выявлены также основные источники опасных и вредных производственных факторов.

Изучение причин и обстоятельств рассматриваемых происшествий показало, что среди используемых в настоящее время видов энергии наибольшую опасность представляют

- ▶ энергия электрического тока;
- ▶ кинетическая энергия движущихся машин и механизмов;
- ▶ термомеханическая энергия твердых, жидких и газообразных веществ.

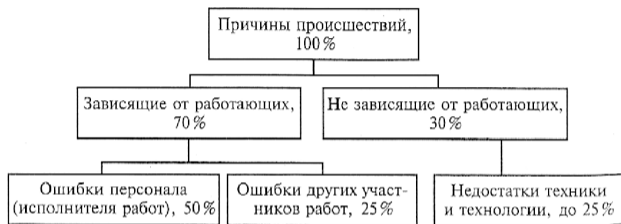
## Закономерности происшествий во времени: синтез (1/2)



Общей характерной чертой практически всех рассматриваемых происшествий явилось то, что для их возникновения необходимо **появление, как правило, не одной, а нескольких предпосылок, образующих в совокупности причинную цепь происшествия.** Например:

- а) ошибка человека и/или отказ технологического оборудования и/или неблагоприятное для них внешнее воздействие;
- б) появление опасного фактора в неожиданном месте и/или не вовремя;
- в) неисправность либо отсутствие средств защиты и/или неточные действия персонала либо посторонних лиц в этой ситуации;
- г) воздействие опасных производственных факторов на незащищенные элементы технологического оборудования, людей, окружающую их среду.

## Закономерности происшествий во времени: синтез (2/2)



**Дополнительными факторами** аварийности и травматизма являются:

- а) недостаточная надежность и эргономичность оборудования;
- б) несовершенство отбора и профессиональной подготовки персонала;
- в) низкое качество технологии и организации выполнения работ;
- г) факторы, связанные с дискомфортом условий проведения работ.

# Закономерности происшествий во времени: вывод 1

---



Аварийность и травматизм при массовом проведении технологических процессов можно (с приемлемым уровнем доверия) интерпретировать как потоки случайных событий, количество которых на ограниченных интервалах времени распределено по закону Пуассона, а время между появлением отдельных происшествий – по экспоненциальному закону.

## Закономерности происшествий во времени: вывод 2

---



Возникновение каждого техногенного происшествия является, как правило, следствием не отдельной причины, а результатом появления цепи соответствующих предпосылок.



## Закономерности происшествий во времени: вывод 3

---



Инициаторами причинных цепей происшествий в техносфере служат либо ошибки людей, обусловленные их недостаточной профессиональной подготовленностью к работам на технике, характеризующейся конструктивным несовершенством и опасной технологией ее использования, либо отказы технологического оборудования, вызванные собственно низкой его надежностью, а также возникшие в результате ошибочных действий персонала, либо нерасчетные внешние воздействия на людей и технику со стороны рабочей среды.

## Заключение (1/2)

---



Преобладающая роль так называемого человеческого фактора в формировании первичных предпосылок аварийности, практически, общепризнанна. Доля этого фактора колеблется по разным источникам от 60–70 % – в промышленности и до 80–90 % – в авиации.

Также обычно не встречает серьезного сопротивления и утверждение о том, что происшествия в техносфере вызваны не единственной причиной, а рядом взаимно обусловленных предпосылок.

Полученные выводы не противоречат и условиям появления уже упоминавшихся наиболее серьезных катастроф последнего времени.

## Заключение (2/2)

---



Есть и другие примеры, подтверждающие сделанные выводы.

Однако и уже выявленных закономерностей достаточно для того, чтобы сформулировать некоторые аргументированные представления о природе объективно существующих техносферных и биосферных опасностей.

Но об этом – в следующих лекциях.