

УДК (УДК) 629.7.454.2

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ  
НА АВАРИЙНОСТЬ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВMETHODOLOGY FOR IDENTIFYING AND ASSESSING THE SIGNIFICANCE OF  
FACTORS AFFECTING THE ACCIDENT RATE OF CRANESГорелова М.В., Сладкова Л.А.  
Gorelova M.V., Sladkova L.A.Российский университет транспорта (Москва, Россия)  
Russian University of Transport (Moscow, Russian Federation)

**Аннотация.** Анализ источников научно-технической литературы свидетельствует, что основными факторами, являющимися причиной аварийности грузоподъемных сооружений, являются факторы техногенного, природного и «человеческого» характеров. В статье предложена методология выявления и оценки значимости факторов, являющихся, на первый взгляд, косвенными, но оказывающими существенное влияние на причины аварийности стреловых самоходных кранов. Предлагаемая методология состоит из трех этапов, каждый из которых в отдельности является достаточно хорошо апробированным другими авторами. На первом этапе на основе анализа экспертной оценки по методу Хэя предлагается проводить выявление значимых факторов. На втором этапе на основе критерия хи-квадрат проводится оценивание значимость фактора. На третьем этапе предложена методика проведения численного эксперимента для оценки значимости факторов на основе использования нейронных сетей. Очевидно, что предлагаемую методологию возможно использовать и при оценке значимости факторов других событий, а не только при аварийности грузоподъемных сооружений.

**Ключевые слова:** методология, анализ, оценка, значимость, факторы, аварийность, критерии.

**Дата принятия к публикации:** 06.03.2023  
**Дата публикации:** 25.03.2023

**Сведения об авторах:**

**Горелова Мария Витальевна** – аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», e-mail: marusalen@mail.ru

**Сладкова Любовь Александровна** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», e-mail: rich.cat2012@yandex.ru.

ORCID: 0000-0002-5409-6250

**Abstract.** Analysis of the sources of scientific and technical literature shows that the main factors that cause the accident rate of lifting structures are factors of man-made, natural and "human" characters. The article proposes a methodology for identifying and assessing the significance of factors that are, at first glance, indirect, but have a significant impact on the causes of the accident rate of boom self-propelled cranes. The proposed methodology consists of three stages, each of which separately is quite well tested by other authors. At the first stage, based on the analysis of expert assessment according to the Hay method, it is proposed to identify significant factors. At the second stage, on the basis of the chi-squared criterion, the significance of the factor is assessed. At the third stage, a methodology for conducting a numerical experiment is proposed to assess the significance of factors based on the use of neural networks. Obviously, the proposed methodology can also be used in assessing the significance of factors of other events, and not only in case of accident rate of lifting structures.

**Keywords:** methodology, analysis, assessment, significance, factors, accident rate, criteria.

**Date of acceptance for publication:** 06.03.2023  
**Date of publication:** 25.03.2023

**Authors' information:**

**Maria V. Gorelova** – graduate student of the Department Ground transportation and technological means at Russian University of Transport, e-mail: marusalen@mail.ru

**Liubov A. Sladkova** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department Ground transportation and technological means at Russian University of Transport, e-mail: rich.cat2012@yandex.ru.

ORCID: 0000-0002-5409-6250

## 1. Введение

При производстве погрузочно-разгрузочных и строительных работ общего и специального назначения (промышленные здания и сооружения, мосты, дороги, развязки, установка мачт линий электропередач и т.п.), при прокладке трубопроводов грузоподъемные краны являются одной из ведущих единиц техники основного технологического назначения. Ежегодно компании, осуществляющие свою деятельность во всех сферах строительства сдают отчетность в контролирующие органы (Росстат, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Ростехнадзор), которая отражает сведения:

- о количестве единиц грузоподъемной техники, содержащейся на балансе предприятия;

- о числе аварий, происходящих с тем или иным видом грузоподъемной техники с указанием места, даты и времени происшествия;

- о количестве происшествий, повлекших за собой травматизм рабочего персонала.

К основным факторам, влияющим на аварийность грузоподъемных сооружений, в том числе и стреловых самоходных кранов [1 - 4], в соответствии с материалами научно-технической литературы относят факторы техногенного, природного, человеческого, и эксплуатационного (своевременное обслуживание, аренда подрядными организациями) характера. Указанные факторы носят обобщенный характер, но «внутри» каждого из них имеется достаточно большое число (около 50 [5]), на первый взгляд, не взаимосвязанных факторов.

Например, к числу факторов природного характера можно отнести атмосферное давление, осадки, облачность и т.п. явления, которые по результатам исследований со стороны медицинских работников оказывают существенное влияние на состояние человека (самочувствие, внимательность, качество выполняемых работ и т.д.). Такие факторы, как время суток, день недели с большой натяжкой можно отнести к факторам эксплуатационным, но которые тоже, по словам медиков влияют на состояние человека. Следует отме-

тить, что такие исследования ранее в научно-технической литературе не отмечались.

Для выявления значимости указанных выше факторов разработана методика сбора и обработки статистических данных.

## 2. Методика сбора исходных данных

Сбор статистических данных по аварийности стреловых самоходных кранов имеет достаточно большую глубину поиска и проведен за период с 2006 по 2021г.г. Для фиксирования интересующих факторов была разработана таблица (табл.1) с указанием предполагаемой причины аварии (данные Росстата), места, даты происшествия, дня недели, времени суток, а также внешних климатических условий, соответствующих эти датам и времени. В качестве внешних условий были рассмотрены:

- температура воздуха в момент аварии, градус Цельсия;

- скорость ветра, м/с;

- относительная влажность воздуха, %;

- атмосферное давление, мм рт. ст.;

- наличие облачности и осадков;

- тип грунта в месте проведения работ.

Источником данных по погодным факторам являются сводки Gismeteo [6] за соответствующий день. Тип грунта местности с места аварии определен по почвенным картам.

## 3. Выявление значимых факторов

Значимость рассматриваемых факторов оценивалась на первом этапе предлагаемой методологии. Для этой цели использовался хорошо себя зарекомендовавший и неоднократно апробированный другими исследователями метод экспертной оценки (метод Хэя) [0]. Напомним, что выявление значимых факторов определяется на основе оценки специалистов, к числу которых относятся руководящие работники (руководитель подразделения, главный инженер, прораб) квалифицированные специалисты (линейные инженеры, квалифицированные рабочие, крановщики). Результаты экспертного опроса в области устойчивости стреловых крановых конструкций позволяют определить вес

Таблица 1

## Обзор аварий (опрокидывания) стреловых самоходных кранов за 2006-2021 год

Дата	День недели	Время суток	Место аварии	Характеристики климата						Предполагаемая причина аварии
				Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с	Относительная влажность, %	Облачность	Атмосферное давление, мм.рт.ст.	Осадки	
04.03.2006	сб		п. Мошково	-6	3	50	обл	869	нет	Перегруз
04.05.2006	чт		Пермский край, р. Тулва	+9	6	60	нет	960	нет	Перегруз
03.04.2007	вт	13:50	Санкт Петербург, Ви- тебский проспект	+2	3	90	обл	1004	нет	Перегруз
29.11.2007	чт	15:00	Нижний Новгород	-3	4	80	нет	978	да	Проседание опоры
20.12.2010	пн	11:00	Москва, Электролит- ный пр-д	-7	2	77	нет	992	нет	Проседание опоры
26.01.2011	ср	9:00	Барнаул, ул. Мерзликина	-21	2	24	нет	769	нет	Перегруз
18.04.2011	пн	17:30	Москва, Болотников- ская ул.	+7	7	78	нет		нет	Порыв ветра
26.04.2011	вт	14:00	Воронеж, ул. Сакко и Ванцетти	+20	3	64	обл	753	нет	Перегруз
30.09.2011	пт	9:30	Москва, Колтевский б-р	+11	1	66	нет	998	нет	Перегруз
14.11.2013	чт	12:30	Москва, Мичурин- ский пр-т	+3	2	97	обл	746	нет	Ошибка кра- новщика
08.11.2014	сб	8:00	Москва, Нахимовский проспект	+7	5	100	обл	1000	нет	Перегруз
06.02.2016	сб	14:30	Москва, Кутузовский пр-т	-1	2	80	обл	479	нет	Проседание опоры
20.09.2016	вт	19:30	Москва, Севастополь- ский проспект	+9	2	93	обл	995	нет	Перегруз
11.07.2017	вт	17:00	Красноярск, аэропорт Емельяново	+22	2	10	нет	727	нет	Проседание опор
17.05.2018	чт	14:00	Усть-Кут, причал Осетровского завода	+16	2	3	нет	727	нет	Перегруз
03.10.2018	ср	18:00	Москва, 19 км. МКАД	+10	1	94	обл	735	нет	Ошибка кра- новщика
24.10.2018	ср	15:00	Н.Новгород, ул. Ана- толия Григорьева	+7	3	81	обл	986	нет	Ошибка кра- новщика
23.01.2019	ср	15:30	Дальний Восток, пос. Холмск- Сортировочный	-3	4	7	нет	751	нет	Перегруз
25.07.2020	сб	17:00	Москва, 47-й км. МКАД	+22	5	55	обл	750	нет	Перегруз
13.03.2021	сб	17:03	Павлодар, ул. Естая	+15	5	20	нет	752	нет	Перегруз
23.03.2021	вт	12:30	Станица Стародере- вянковская, ул. Крас- ная	+4	3	70	обл	752	нет	Перегруз
02.09.2021	чт	13:30	г.Сочи, ул. Абрамова	+25	2	53	обл	752	да	Проседание опоры

и значимость каждого из рассматриваемых факторов. В нашем случае при анализе статистических данных (табл. 1) в качестве экспертов были приглашены (7 человек) руководители и специалисты, взаимодействующие непосредственно с техникой (операторы кранов, специалисты по техническому обслуживанию машин и механизмов). Обработка показателей важности проводилась с использованием аппарата теории вероятностей и математической статистики.

Перед проведением опроса был проведен грейдинг факторов, ведущих к аварии крана путем проставления оценки каждого из них по определенным критериям, которые были предложены нами (грейдинг – группировка факторов по определенным основаниям и оценивание их с целью выявления важности влияния фактора на опрокидывание крановых конструкций [0]). В качестве критериев оценки факторов (грейдинговые показатели), приведенных в табл. 1 и 2, ведущих к опрокидыванию крана, были выбраны:

1. Сложность считывания данных фактора датчиками.
2. Переменчивость фактора опрокидывания (внезапность изменения его значения).
3. Сложность прогнозирования возникновения фактора опрокидывания.
4. Оценка влияния фактора на физический процесс опрокидывания крановой конструкции.
5. Скорость (внезапность) возникновения фактора опрокидывания.
6. Сложность реагирования на возникновение фактора опрокидывания.
7. Зависимость предотвращения аварии от опыта крановщика.

Далее каждому фактору по пятибалльной шкале в соответствии с нормативной документацией и исследованиями в области устойчивости крановых конструкций присваивается коэффициент значимости  $k$ .

Значения коэффициента значимости по факторам, приводящим к аварийности крановых конструкций, приведены в табл. 2. Самый низкий коэффициент значимости имеет облачность.

Определение значения влияния каждого из факторов опрокидывания производится

Таблица 2

Коэффициенты значимости факторов аварий стреловых самоходных кранов

Наименование фактора	Коэффициент значимости $k$
Температура воздуха	4
Скорость ветра	5
Влажность воздуха	4
Атмосферное давление	4
Облачность	3
Осадки	4
Тип грунта	5
Время суток	4
День недели	4
Человеческий фактор	5

путем грейдинга факторов на основании оценки экспертов.

Для наглядности проведенных исследований полученные данные были сведены в табл. 3, где в столбце «Критерии оценивания» под номерами 1-7 указаны эксперты, дававшие оценку влияния факторов, а в последних трех строках представлен расчет веса каждого из факторов.

В строке «Сумма» приведена сумма результатов экспертной оценки по каждой группе грейдинга и по каждому фактору.

В строке «Значимость» представлена значимость каждого фактора по грейдинговой раскладке как произведение найденных сумм на соответствующий фактору коэффициент значимости  $k$ , указанный в табл. 3, по формуле:

$$Z = Ck, \quad (1)$$

где  $Z$  – значимость фактора;  $C$  – сумма критериев по показателям фактора;  $k$  – коэффициент значимости фактора.

Например, для оценки значимости скорости ветра  $Z = 14 \cdot 4 = 56$ .

Здесь цифра 4 взята из табл. 2 в соответствии с коэффициентом значимости, принадлежащим соответствующему фактору «скорость ветра».

После чего была найдена общая сумма полученных значений строки «Значимость», равная 703.

Вес фактора, выраженный в %, был определен, как частота появления события.

Таблица 3

## Результаты анализа факторов по методу Хэя

Критерии оценивания	Температура	Скорость ветра	Влажность	Давление	Облачность	Осадки	Тип грунта	Время суток	День недели	Человеческий фактор	Суммы по столбцам
1	1	3	2	1	3	2	4	1	1	5	23
2	2	5	3	5	4	4	1	1	1	5	31
3	3	5	3	3	3	3	5	1	1	5	33
4	1	5	1	1	1	2	5	1	1	5	23
5	1	5	1	1	3	4	5	1	1	5	27
6	3	4	2	3	2	3	4	1	1	5	28
7	3	5	3	4	2	3	5	3	3	1	32
Сумма	14	32	15	18	18	21	29	9	9	31	197
Значимость	56	160	60	72	54	84	145	36	36	703	
Вес, %	7	19	7	8	6	10	17	4	4	18	

Анализ табл. 3 показывает, что к числу факторов, лежащих за пределами 10 %, на которые необходимо обратить внимание при эксплуатации стреловых самоходных кранов следует отнести:

- человеческий фактор;
- скорость ветра;
- несущую способность грунта, на котором работает кран (тип грунта);
- атмосферные осадки.

Следует отметить, что падение кранов происходило в основном при положительной температуре и наличии осадков, которые являются одной из основных причин снижения несущей способности грунта.

Проведенный анализ по столбцам табл. 3 позволяет оценить взаимное влияние выбранных факторов на правильность выбора критериев оценивания, так как разброс между этими значениями незначителен.

#### 4. Оценка достоверности факторов значимости по критерию хи-квадрат

Оценку достоверности полученных выше результатов проведем по критерию нулевой ( $H_0$ ) и альтернативной гипотез ( $H_1$ ) по следующему алгоритму [0]:

1. Определение уровня значимости критерия.

2. Отбор необходимых данных из выборки.

3. Вычисление значения статистики критерия, отвечающей критерию  $H_0$ .

4. Вычисление критической области, проверка статистики критерия на предмет попадания в критическую область.

5. Интерпретация достигнутого уровня значимости  $p$  и результатов.

Очевидно, что на самочувствие машиниста и рабочего персонала стреловых самоходных кранов значение оказывает атмосферное давление. Поэтому для подтверждения важности гипотезы о влиянии, например, атмосферного давления на самочувствие человека по выборке (табл. 3), состоящей из 22 наблюдений и относящейся к малой выборке, применим критерий согласия Пирсона (критерий хи-квадрат). Для этого величины атмосферного давления были ранжированы и разбиты на интервалы (всего 3), величина которых определялась, исходя из медицинских рекомендаций с точки зрения влияния на человека:

- низкое давление – давление, переходящее порог ниже 745 мм ртутного столба;
- нормальное давление – давление, заключенное в промежутке от 746 до 765 мм ртутного столба;
- повышенное давление – давление выше 766 мм ртутного столба.

С каждым выделенным интервалом было соотнесено количество аварий. Далее оценивалась вероятность аварий в каждом интервале по зависимости (2)

$$p_i = \frac{n_i}{n}, \quad (2)$$

где  $p_i$  – вероятность аварий  $i$ -го интервала;  $n_i$  – количество аварий  $i$ -го интервала;  $n$  – общее количество аварий.

Далее по зависимости (3) был определен критерий согласия Пирсона (хи-квадрат).

$$\chi^2 = \sum_1^i \frac{(p_i - p_i \cdot n_i)^2}{p_i \cdot n_i}. \quad (3)$$

В соответствии со значениями квантилей распределения хи-квадрат [0] была определена достоверность гипотезы при 0,95) и

числе степеней свободы ( $s - 1 = 3 - 1 = 2$ , где  $s$  – количество интервалов).

В ходе проведенных расчетов квантиль распределения хи-квадрат получился равным 7,005, что соизмеримо с погрешностью квантиля распределения, равного 0,377, в допустимых пределах инженерных расчетов (5%).

Подобная методика применялась при определении влияния других параметров (температура воздуха, облачность, день недели, влажность воздуха, время суток) на аварийность стреловых самоходных кранов. Результаты расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4

Статистические показатели факторов аварий стреловых самоходных кранов

Статистические показатели	Атмосферное давление	Температура воздуха	Облачность	День недели	Влажность воздуха	Время суток
Среднее значение	852	7	0,5	3,14	61,909	14,04
Математическое ожидание	819,091	6,779	11,091	4,364	61,091	16,125
Дисперсия	217,553	4,672	2,887	0,060	29,005	0,930
Среднее квадратичное отклонение	14,750	2,161	1,699	0,245	5,386	0,965
Вероятность	0,975	0,2	0,5	0,3	0,975	0,87

Таким образом, в ходе проведенного статистического анализа аварий стреловых самоходных кранов по критерию хи-квадрат было выявлено, что при производстве работ помимо таких факторов, как состояние опорной поверхности, скорость ветра, следует также учитывать атмосферное давление, время суток, влажность воздуха.

Влияние указанных факторов может быть обусловлено, как с биологической точки зрения (например, ухудшение самочувствия крановщика в результате повышенного атмосферного давления, утомляемость в дневное время в связи с накопившейся усталостью во время смены при производстве работ), так и с точки зрения техногенного характера (например, повышенная влажность воздействует на грунт, что в свою очередь может вызвать просадку опор). Кроме этого, повышенная влажность образует конденсат, что может вызывать проскальзывание в механизмах крановых конструкций.

При оценке устойчивости стреловых самоходных кранов важно понимать, какие

факторы имеют наибольшую значимость, а какие нет. Для этого необходимо определить вес фактора. Под весом фактора понимают значимость того или иного фактора на рассматриваемое событие. При настройке системы безопасности предлагается ввести коэффициенты, соответствующие значениям веса того или иного фактора, для коррекции значений показателей датчиков и скорости реагирования на событие, предвещающие аварийные ситуации.

Существует несколько теорий для определения веса факторов. Первый из рассмотренных способов определения важности (веса) факторов можно определить, исходя из математической модели взаимного влияния факторов, рассмотренной в работе [0]. Вес фактора можно определить исходя из величины среднеквадратического отклонения рассматриваемого фактора, отнесенного к сумме среднеквадратичных отклонений всех факторов и выраженного в процентном соотношении. В качестве критерия для определения весов факторов была выбрана вероят-

ность, определенная по критерию Пирсона. Просуммировав вероятности, указанные в строке 5 табл. 4, и рассмотрев процентное соотношение каждой вероятности фактора к общей сумме вероятностей факторов, была получена диаграмма распределения весов, указанная на рис. 1.



Рис. 1. Распределение веса фактора

На рис. 1 видно, что наибольшую значимость на аварийность стреловых самоходных кранов имеют такие факторы, как тип грунта, скорость ветра, атмосферное давление, влажность воздуха (вес 17), а также время суток

(вес 15). Температура воздуха имеет вес 3, день недели – вес 5, облачность – вес 9.

Кроме того, в результате полученных данных можно сделать вывод о совокупном влиянии факторов как на аварийность стреловых самоходных кранов, т.е. выделить ненормируемые факторы. Так, например, напряженный график работы оператора в течение смены в связи с большим объемом работ может привести к накоплению усталости, что в свою очередь отразится на следующем рабочем дне, в случае сменного графика работы. Таким образом, влияние факторов на аварийность крановых конструкций и взаимовлияние факторов может быть представлено схемой, представленной на рис. 2.

## 5. Численные методы оценки значимости факторов аварийности стреловых самоходных кранов

На рис. 2 видно, что факторы, действующие на аварийность стреловых самоходных кранов, находятся в тесной связи друг с другом: так порывистый ветер может привести к возникновению облачности, что в свою очередь может привести к повышению влажности и сказаться на атмосферном давлении. Кроме того, схема имеет схожие черты со структурной схемой нейронной сети одно-

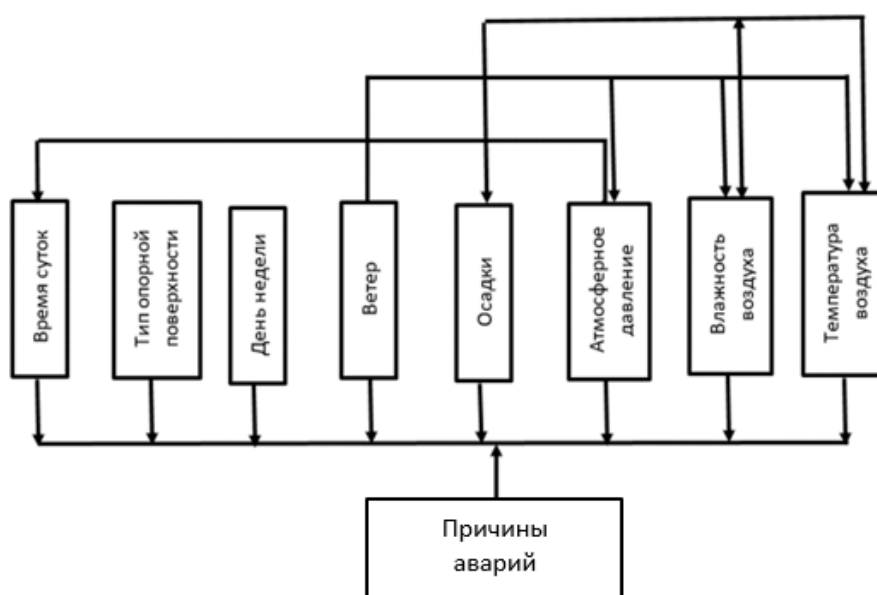


Рис. 2. Схема взаимовлияния факторов и влияние факторов на аварийность стреловых самоходных кранов

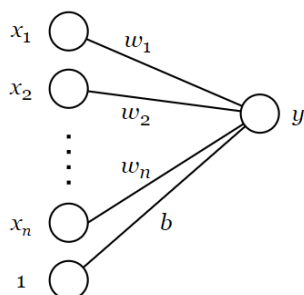


Рис. 3. Схема нейронной сети однослойного восприятия

слояного восприятия (перцептона) [0]. На основании этого принцип нами предлагается модель, представленная на рис. 3.

Здесь  $X_{1-n}$  – входные параметры (факторы);  $\omega_{1-n}$  – вес параметра (фактора);  $y$  – выходная функция (авария стрелового самоходного крана);  $b$  – смещение, необходимое для обучения нейронной сети (рис. 3).

В связи с этим третьим методом для определения важности факторов является метод, используемый при определении весов в нейронных сетях, позволяющий промоделировать достоверность полученных результатов.

Определение веса фактора  $\omega$  происходит посредством метода градиентного спуска, где веса факторов определяются пошагово с учетом скорости обучения  $\alpha$  и градиента функции ошибки  $\nabla L$ , являющимся частной производной от веса фактора [0], определяемая по формуле (4).

$$\omega^{(k+1)} = \omega^k - \alpha \cdot \nabla L(\omega^k). \quad (4)$$

Шаг изменения веса фактора каждой итерации определяется по зависимости (5):

$$\Delta\omega = -2 \cdot \alpha \cdot \Delta y \cdot f'(z) \cdot x, \quad (5)$$

где  $\Delta\omega$  – шаг изменения веса фактора;  $\alpha$  – скорость обучения;  $\Delta y$  – ошибка предсказания;  $f'(y)$  – значение производной активационной функции

$$y = \sum_{i=1}^{n+1} x_i \cdot \omega_i, \quad (6)$$

где  $x$  – значение входного фактора.

Следует отметить, что скорость получения наиболее точных результатов будет зависеть от того, насколько близки значения заданных весов факторов к рассчитанным нейронной сетью. В связи с трудоемкостью расчетов применяют различные программ-

ные комплексы, где есть заложенные пакеты расчетов нейронных систем (например, программный комплекс Matlab).

Также в теории машинного обучения для определения веса фактора используется уравнение линейной регрессии. Одним из способов вычисления параметров модели (зависимости  $y$ ) от влияющих на нее факторов является метод наименьших квадратов, минимизирующий среднеквадратичную ошибку рассматриваемого параметра между полученным и расчетным значениями по формуле (7) [0].

$$L(X, \vec{y}, \vec{\omega}) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i \omega_i)^2. \quad (7)$$

Для решения данной задачи необходимо вычислить производные по параметрам модели, приравнять их к нулю и решить полученные уравнения относительно  $\omega$ .

Согласно теореме Гаусса-Маркова минимизация среднеквадратической ошибки в случае уравнения парной регрессии не приведет к искажению параметров рассматриваемых моделей, а лишь выйдут из условий теоремы и ухудшат достоверность линейных результатов.

Определив вес фактора при настройке системы безопасности, учитывая внешние условия для того или иного типа местности, можно устанавливать оптимальные параметры, обеспечивающие повышенную безопасность при производстве работ.

Рассмотрев полученные результаты статистического анализа и метода Хэя, а также сравнив значения полученных весов можно судить о достоверности полученных результатов.

В результате проведенной обработки статистических данных по предлагаемой нами методике было выявлено, что указанные факторы влияют не только на самочувствие крановщика, но и в значительной мере оказывают влияние на ход выполнения работ, усложняя его при ухудшении условий (осадки, плохая видимость, повышенная влажность и др.). Своевременное предупреждение указанных в результате проведенных исследований факторов ведущих к опрокидыванию стреловых крановых конструкций позволит снизить их численность.



### Заключение

Предлагаемая методология выявления и оценки значимости факторов позволила с доверительной вероятностью 0,95 установить факторы и степень их влияния ненормируемых на аварийность грузоподъемных

кранов. К наиболее значимым факторам, выявленным по предложенной методологии, следует отнести тип грунта, скорость ветра, атмосферное давление, влажность воздуха (вес 17), время суток (вес 15).

### Список литературы

1. Сладкова Л.А., Крылов В.В., Горелова М.В. Анализ научно-технической литературы о влиянии ветровой нагрузки на стреловые конструкции // Строительные и дорожные машины. 2020. № 12. С. 9-13.

2. Вершинский А.В. Технологичность и несущая способность крановых металлоконструкций. М., Машиностроение, 1984. 167 с.

3. Григорьев П.А., Горелова М.В., Крылов В.В., Сладкова Л.А. Анализ работы и способов обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов на слабонесущих грунтах // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы междунар. научно-техн. конф. 2019. С.55-60.

4. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс] // РОСТЕХНАДЗОР 2013-2021. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/index.php?sphrase\\_id=1656336](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/index.php?sphrase_id=1656336). – 01.02.2021.

5. Крылов В. В. Методика обеспечения устойчивости стреловых кранов при проектировании и эксплуатации от комплексного влияния факторов техногенного и природного характера: дисс. ... канд. техн. наук, 05.02.02. М. 2021. 276 с.

6. Погода в городах и странах [Электронный ресурс] // Gismeteo – Режим доступа: <https://xn--80aeabfj7apnbee8a.xn--p1ai/>. – 23.01.2021.

7. Хэй-метод [Электронный ресурс] // Kommersant.ru. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/859659/>. – 05.03.2021.

8. Грейдирование должностей (метод Хэя) [Электронный ресурс] // Kommersant.ru. – Режим доступа: <https://studme.org/81108/menedzhment/greyd>

### References

† 1. Sladkova L.A., Krilov V.V., Gorelova M.V. Analiz nauchno-tekhnicheskoy literature o vlianii vetrovoy nagruzki na streloveiye konsthukticii. *Stroitelnie i dorozhnie mashinie*, 2020, No.12. P. 9-13. (In Russian).

† 2. Vershinskiy A.V. *Tekhnologichnost i ntsuschay sposobnost kranovikh metallokonstruktziy*. Moscow, Mashinostroenie, 1984. 167 p. (In Russian).

† 3. Grigorev P.A., Gorelova M.V., Krilov V.V., Sladkova L.A. Analiz raboty i sposobov obespecheniya ustojchivosti strelovyh samohodnyh kranov na slabonesushchih gruntah. *Nazemnye transportno-tekhnologicheskie komplekxy i sredstva*. *Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj-tekhnicheskoy konferentsii*, 2019, pp. 55-60. (In Russian)

† 4. Ezhegodnye otchety o deyatel'nosti Federalnoj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru [Internet-resurs]. ROSTEKHNADZOR 2013-2021. [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/index.php?sphrase\\_id=1656336.01.0](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/index.php?sphrase_id=1656336.01.0) 2.202 (In Russian)

† 5. Krylov V.V. *Metodika obespecheniya ustojchivosti strelovyh kranov pri proektirovanii i ekspluatacii ot kompleksnogo vliyaniya faktorov tekhnogennogo i prirodnogo haraktera*. (In Russian)

† 6. Pogoda v gorodah i stranah [Internet-resurs]. <https://xn--80aeabfj7apnbee8a.xn--p1ai/>. – 23.01.2021. (In Russian)

† 7. Hey-metod [Internet-resurs]. Kommersant.ru. <https://www.kommersant.ru/doc/859659> 05.03.2021. (In Russian)

† 8. Grejdirovanie dolzhnostej (metod Heya) [Internet-resurs]. Kommersant.ru. <https://studme.org/81108/menedzhment/greyd> iro vanie\_dolzhnostey\_metod.– 05.03.2021. (In Russian)

irovanie\_dolzhnostey\_metod. – 05.03.2021.

9. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: Физматлит, 2006. 816 с.

10. Открытый курс машинного обучения. Тема 4. Линейные модели классификации и регрессии [Электронный ресурс] // Хабр – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/323890> – (04.04.2021).

11. Почему инициализировать веса нейронной сети одинаковыми значениями (например, нулями) – это плохая идея [Электронный ресурс] // Хабр – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/592711>. – 04.04.2021.

‡ 9. Кобзарь А.И. *Prikladnaya matematicheskaya statistika*. Moscow, Fizmatlit, 2006. 816 p. (In Russian)

‡ 10. *Otkrytyy kurs mashinnogo obucheniya. Tema 4. Linejnye modeli klassifikatsii i regressii* [Internet-resurs]. Habr.

‡ <https://habr.com/ru/company/ods/blog/323890>  
‡ 0. 04.04.2021. (In Russian)

‡ 11. *Pochemu inicializirovat vesa nejronnoj seti odinakovymi znacheniyami (naprimer, nulyami) – eto plohayaya ideya* [Internet-resurs]. Habr. <https://habr.com/ru/post/592711>. 04.04.2021. (In Russian)

‡  
‡  
‡