

УДК 001.891:005:331.45:331.461

ОЦЕНКА И РАНЖИРОВАНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА НЕФТЕГАЗОВОМ ПРЕДПРИЯТИИ СЕВЕРА

Галкин А.Ф., Хусайнова Р.Г.

*Санкт-Петербургский государственный горный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: rghusainova@mail.ru*

В статье представлен анализ результатов экспертной оценки, основанный на использовании метода априорного ранжирования неблагоприятных производственных факторов на нефтегазовом предприятии в северном регионе страны. Необходимость использования данного метода, основанного на экспертном отсеивании незначимых факторов и выявлении значимых факторов, оказывающих наиболее существенное влияние и подлежащих более детальному изучению, возникает при оценке влияния производственных факторов на здоровье работников, для определения связи заболеваемости работников с этими факторами и доли влияния факторов риска и их сочетаний. По результатам экспертной оценки, большинство специалистов, при оценке условий труда на нефтегазовом предприятии среди основных вредных и опасных производственных факторов выделяют неблагоприятный микроклимат, шум, тяжесть и напряженность труда, что согласуется с результатами, представленными в работах других исследователей. На основе данных выводов был приведен комплекс профилактических мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия рассматриваемых факторов на здоровье работников нефтегазового предприятия Севера.

Ключевые слова: оценка и ранжирование производственных факторов, неблагоприятные производственные факторы, нефтегазовая промышленность, Север

ESTIMATION AND RANGING OF ADVERSE PRODUCTION FACTORS AT THE OIL AND GAS ENTERPRISE OF THE NORTH

Galkin A.F., Khusainova R.G.

St. Petersburg State Mining University, St.Petersburg, e-mail:rghusainova@mail.ru

The analysis of results of the expert estimation is presented in this article. This analysis is based on the method of aprioristic ranging of adverse production factors at the oil and gas enterprise in northern region of the country. The essence of this method consists in the expert sifting insignificant factors and identifying important factors that have the greatest effect and are subject to more detailed study. Necessity of using aprioristic ranging arises at an estimation of influence of production factors on health of workers, for definition of communication of disease of workers with these factors and shares of influence of risk factors and their combinations. By results of an expert estimation, the majority of experts, at an estimation of working conditions at the oil and gas enterprise among the basic harmful and dangerous production factors produce the adverse microclimate, noise, , severity and intensity of work which is consistent with the results presented in papers by other researchers. The complex of the preventive actions are resulted on the basis of the given conclusions . These preventive measures are directed on decrease of negative influence of considered factors on health of workers of the oil and gas enterprise of the North.

Keywords: evaluation and ranging of production factors, the adverse production factors, oil and gas industry, the North

Высокая социально-экономическая значимость добычи, транспорта и переработки углеводородного сырья предполагает вовлечение все большего количества трудоспособного населения России в сферу этой небезопасной для здоровья работающих отрасли. В связи с этим профилактика неблагоприятных последствий воздействия условий труда на работающих является основным направлением в сохранении их здоровья и трудоспособности [2; 3; 4].

В процессе трудовой деятельности работники нефтегазовой промышленности находятся под воздействием интенсивного шума, вибрации, дискомфортных микроклиматических условий, работают в условиях риска влияния на их организм повышенных концентраций вредных химических веществ, в сочетании с тяжелыми физическими и психоэмоциональными нагрузками. По мнению большинства исследователей, условия труда работающих

в нефтегазовой отрасли соответствуют третьему классу вредности [5; 7; 8; 9].

При оценке влияния вредных и опасных факторов производственной среды на здоровье работников, определения связи заболеваемости работников с этими факторами и доли влияния факторов риска и их сочетаний возникает необходимость отсеивания незначимых факторов и выявления значимых факторов, оказывающих наиболее существенное влияние и подлежащих в дальнейшем более детальному изучению.

Известны способы экспериментального отсеивания факторов, предусматривающие проведение серии опытов и выбор значимых факторов по их результатам. Однако, учитывая, что даже небольшое сокращение числа факторов серьезно уменьшает объем последующей экспериментальной работы, для их отсеивания необходимо также использовать предварительную информацию: литературные данные, результаты опроса

специалистов и т.п. На основе этой информации проводят априорное ранжирование факторов, которое позволяет выделить наиболее значимые факторы и отсеять факторы, оказывающие несущественное влияние.

Обычно априорное ранжирование факторов проводят в такой последовательности: на основании литературных данных составляют список факторов, влияющих на исследуемый параметр, и устанавливают область определения каждого из факторов. Затем предлагают специалистам, работающим в данной области, расположить факторы в ряд по степени их влияния. При этом каждый специалист может дополнить список, если он, по его мнению, не является полным или высказать мнение об изменении интервалов варьирования. Вклад каждого фактора оценивается по величине ранга-места, которое отводится специалистом данному фактору при ранжировании всех факторов с учетом их предполагаемого влияния. Фактору, которому приписывается ведущая роль, отводится первое место, остальные располагаются в порядке убывания степени их влияния на исследуемый параметр. Если трудно определить превалирующее влияние какого-то фактора над другим, то им присваиваются одинаковые ранги, являющиеся средним арифметическим из предполагаемой их суммы рангов. Результаты опроса специалистов представляют в виде матрицы рангов [1].

После проведения опроса специалистов, оценивается степень согласованности их мнений, путем вычисления коэффициента конкордации Кэнделла (W). Коэффициент конкордации может изменяться от 0 до 1. Если он существенно отличается от нуля ($W \rightarrow 1$), то можно считать, что между мнениями экспертов имеется определенное согласие. Если коэффициент конкордации недостаточен ($W \rightarrow 0$), то исследователи неодинаково ранжируют факторы и организаторами экспертизы проводится анализ причин негативного результата. Такими причинами могут быть: нечеткие постановка вопросов или инструктаж, неправильный выбор факторов, подбор некомпетентных экспертов, возможность сговора между ними и др. Использовать W можно после оценки его значимости, которая возможна с помощью χ^2 -критерия Пирсона, определяемого по известной формуле [1]:

$$\chi^2 = W \cdot m \cdot (k - 1),$$

где W – коэффициент конкордации; m – число опрошенных специалистов; k – число исследуемых факторов.

Расчетное значение χ^2 сравнивается с табличным значением из распределения Пирсона, найденным для принятого уровня значимости ($\alpha = 0,05$), и числа степеней свободы ($k - 1$).

Гипотеза о наличии согласия мнений опрошенных специалистов принимается, если расчетное значение критерия Пирсона больше табличного, а коэффициент конкордации близок к единице. Убедившись в согласованности мнений специалистов, строится диаграмма рангов, с помощью которой и оценивается значимость факторов.

Метод априорного ранжирования позволяет более правильно спроектировать объект исследования, принять или опровергнуть некоторые предварительные гипотезы, дать сравнительную оценку влияния различных факторов на параметры оптимизации и тем самым правильно отобрать факторы для последующего исследования, обоснованно исключив некоторые из дальнейшего рассмотрения [1; 6].

По данной методике проведено ранжирование неблагоприятных производственных факторов на одном из нефтегазовых предприятий северного региона страны. В опросе приняли участие 17 специалистов, занимающих должности инженерно-технических работников. Далее приведена таблица с результатами ранжирования факторов (таблица).

Данные опроса обрабатывались следующим образом. Для каждого фактора вычисляют

сумму рангов $\sum_{j=1}^m a_{ij}$, где m – число опрошенных специалистов; a_{ij} – ранг i -го фактора, присвоенный j -м исследователем. Затем вычисляют отклонение Δ суммы рангов от средней суммы рангов для каждого из факторов:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij},$$

где Δ_i – отклонение суммы рангов i -го фактора от средней суммы рангов; k – число факторов; $\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$ – средняя сумма рангов.

Так, в рассматриваемом случае, средняя сумма рангов для семи представленных факторов будет иметь значение $\frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^m a_{ij} = \frac{1}{7} (62 + 27 + 81 + 63 + 95 + 67 + 67) = 69$.

Определив значения Δ_i для каждого из факторов, оцениваем степень согласованности мнений опрошенных специалистов. Коэффициент конкордации (W) вычисляем по формуле [1]:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^k \Delta_i^2}{m^2 (k^3 - k)},$$

где Δ_i – отклонение суммы рангов i -го фактора от средней суммы рангов; m – число опрошенных специалистов; k – число исследуемых факторов.

Матрица рангов

Эксперт	Ранги по факторам						
	1	2	3	4	5	6	7
	Вредные вещества	Неблагоприятный микроклимат	Недостаточная освещенность	Шум	Вибрация	Тяжесть труда	Напряженность труда
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	1	2	2	1	3	4	4
2	7	5	3	4	6	2	1
3	1	6	5	4	7	2	3
4	4	1	6	2	5	3	4
5	3	1	7	2	6	4	5
6	5	1	7	2	6	3	4
7	5	1	7	2	4	6	3
8	3	1	7	6	5	4	2
9	2	1	7	3	4	6	5
10	3	1	6	4	7	2	5
11	3	1	4	5	6	7	2
12	3	1	2	6	7	5	4
13	3	1	5	6	7	4	2
14	3	1	6	4	5	2	7
15	5	1	2	3	6	4	7
16	4	1	2	5	6	3	7
17	7	1	3	4	5	6	2
Сумма рангов $\sum_{j=1}^m a_{ij}$	62	27	81	63	95	67	67
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	-7	-42	12	-6	26	-2	-2
Квадраты отклонений Δ_i^2	49	1764	144	36	676	4	4

В нашем случае:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^k \Delta_i^2}{m^2 (k^3 - k)} = \frac{12(49 + 1764 + 144 + 36 + 676 + 4 + 4)}{17^2 (7^3 - 7)} = 0,33.$$

Установлено, что при $k \geq 7$ величина $W \cdot m \cdot (k - 1)$ подчиняется χ^2 – распределению с числом степеней свободы, равным шести.

Расчетное значение χ^2 сравниваем с табличным значением из распределения Пирсона. Гипотеза о наличии согласия мнений опрошенных специалистов принимается, если $\chi_p^2 \geq \chi_i^2$ (где χ_p^2 – расчетное значение критерия Пирсона; χ_i^2 – табличное значение критерия Пирсона). В нашем случае: $\chi_p^2 = 17(7 - 1)0,33 = 33,7$. При 5%-м уровне значимости ($\alpha = 0,05$) и числе степеней свободы $(k - 1) = 7 - 1 = 6$ табличное значение χ_i^2 составляет 12,6. Таким образом,

можно считать, что мнения специалистов согласуются.

Убедившись в согласованности мнений специалистов, построим диаграмму рангов. При построении этой диаграммы по оси абсцисс откладываем факторы в порядке возрастания суммы рангов, а по оси ординат – суммы рангов. Диаграмма рангов приведена далее на рисунке. На этом рисунке часть диаграммы, выделенная серым цветом, характеризует степени влияния производственных факторов на здоровье работников нефтегазового предприятия. Степень влияния фактора на исследуемую величину оценивается по величине суммы рангов: чем меньше сумма рангов фактора, тем большее влияние он оказывает на исследуемую величину.

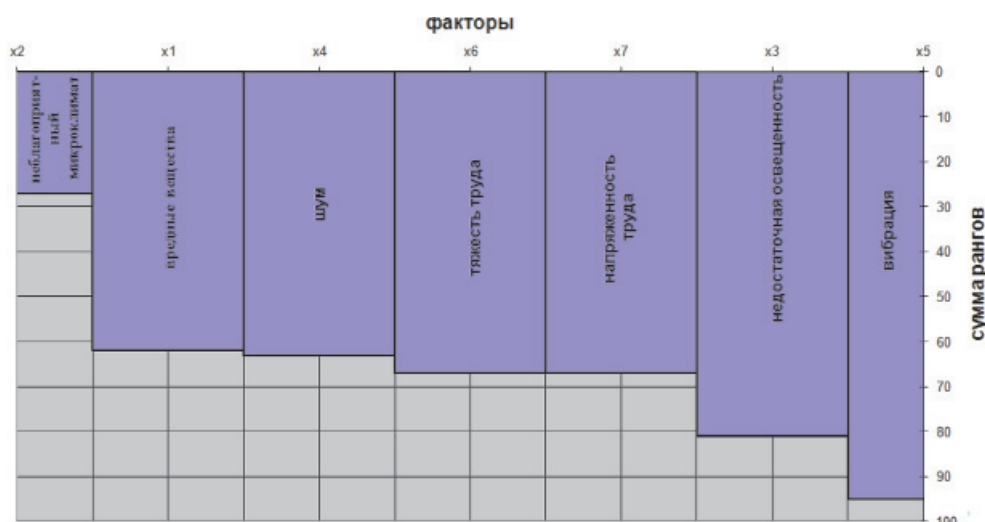


Диаграмма рангов

Из приведенной диаграммы (см. рисунок) следует, что больше других влияют на здоровье работников нефтегазодобывающего предприятия, по мнению специалистов, фактор x_2 – «неблагоприятный микроклимат» (сумма рангов 27), далее следуют факторы x_1 – «вредные вещества» (62), x_4 – «шум» (63), x_6 – «тяжесть труда» (67) и x_7 – «напряженность труда» (67).

Действительно, при анализе литературных данных, большинство исследователей при оценке условий труда на нефтегазовых предприятиях среди основных вредных и опасных производственных факторов выделяют неблагоприятный микроклимат, шум, тяжесть и напряженность труда [2; 4]. Данные факторы относятся к категории неустранимых. Для снижения негативного воздействия производственных факторов на здоровье работников необходимо проводить профилактические мероприятия.

Снижение воздействия неблагоприятного микроклимата может быть достигнуто путем физически обоснованной регламентации режимов труда и отдыха (введение внутрисменных перерывов, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, ограничение стажа работы в данных условиях); правильной организацией систем отопления и воздухообмена; применением спецодежды и средств индивидуальной защиты. К наиболее эффективным мероприятиям по борьбе с шумом относятся ограничение времени воздействия данного производственного фактора для лиц шумоопасных профессий, разработка внутрисменного режима труда и отдыха, реализуемого в технологических процессах, звукоизоляция помещений и оборудования (что актуально для операторов котельных

на газовых промыслах), своевременный ремонт оборудования, и конечно, использование средств индивидуальной защиты (наушники). При высокой степени тяжести и напряженности труда необходима организация профилактических мероприятий, способствующих снижению монотонности работы, разработка рациональных (физиологически обоснованных) режимов труда и отдыха (оздоровительная физкультура, физкультпаузы и др.), механизация и автоматизация производственных процессов; снижение норм выработки и др.

Список литературы

1. Априорное ранжирование факторов / под ред. Щеклина. – 2-е изд., доп. – Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2004. – 18 с.
2. Ахметов В.М. Динамика профессиональной заболеваемости в нефтяной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 40 лет // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – № 5. – С. 9–13.
3. Беляев Е.Н. Охрана здоровья населения в современных условиях // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 16. – С. 1–5.
4. Измеров Н.Ф. Охрана здоровья рабочих и профилактика профессиональных заболеваний на современном этапе // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – № 1. – С. 1–7.
5. Измеров Н.Ф. Профессиональный риск для здоровья работников. – М.: Тривант, 2003. – 448 с.
6. Имашева А.О. Ранжирование неблагоприятных факторов / А.О. Имашева, А.Д. Нургалиева, Ж.Т. Алпысбаева // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – №4. – С. 70–71.
7. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
8. Каспаров А.А. Токсикология химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1986. – 428 с.
9. Устюшин Б.В. Гигиена и физиология труда горнорабочих при добыче полиметаллических руд на Крайнем Севере // Гигиена и санитария. – 1998. – № 1. – С. 7–10.

References

1. Apriornoe ranzhirovanie faktorov. pod red. Wekina. Izd. 2-e, dop. Habarovsk: Izd-vo HGTV [Aprioristic ranging of the factors. Under edition Shchekina. Ed. 2nd, Khabarovsk, HGTV publ.], 2004, 18 p.

2. Ahmetov V.M. Dinamika professional'noj zaboлеваemosti v nefljanoj, neftepererabatyvajuwej i neftehimicheskoj promyshlennosti za 40 let. Medicina truda i promyshlennaja jekologija [Akhmetov V. The dynamics of occupational diseases in the petroleum, refining and petrochemical industries for 40 years. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*], 2002, no 5, pp. 9–13.

3. Beljaev, E.N. Ohrana zdorov'ja naselenija v sovremennyh uslovijah. Medicina truda i promyshlennaja jekologija [Belyaev, E. Protection of public health in modern conditions. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*], 2003, no 16, pp. 1–5.

4. Izmerov, N.F. Ohrana zdorov'ja rabochih i profilaktika professional'nyh zabolevanij na sovremennom jetape. Medicina truda i promyshlennaja jekologija. [Izmerov N.F. Health care workers and prevention of occupational diseases at the present stage. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*], 2002, no 1, pp. 1–7.

5. Izmerov, N.F. Professional'nyj risk dlja zdorov'ja rabotnikov. M.: Trovant. [Izmerov N.F. Professional health risk to employees. Moscow, Publ. Trovant], 2003. 448 p.

6. Imasheva, A.O. Ranzhирование neblagoprijatnyh faktorov. Bezopasnost' truda v promyshlennosti. [Imasheva A.O.

Ranging of adverse factors. *Safety in industry*], 2011, no 4, pp. 70–71.

7. Tihomirov, V.B. Planirovanie i analiz jeksperimenta / V.B. Tihomirov.- M.: Legkaja industrija, 1974. 262 p.

8. Kasparov A.A. Toksikologija himicheskikh vewestv, zagriznjajuwih okruzhajuwuju sredu. M.: Centr mezhdunar. proektov GKNT [Kasparov A.A. Toxicology of chemical pollutants in the environment. Moscow. Center Intern. Project SCST], 1986. 428 p.

9. Ustjushin, B.V. Gigiena i fiziologija truda gornorabochih pri dobyche polimetallicheskih rud na Krajnem Severe. Gigiena i sanitarija. [Ustyushin B. Hygiene and physiology of work of miners at extraction of polymetallic ores in the Far North. *Hygiene and Sanitation*], 1998, no 1, pp. 7–10.

Рецензенты:

Казанин О.И., д.т.н., профессор, декан горного факультета Санкт-Петербургского государственного горного университета, г. Санкт-Петербург.

Коршунов Г.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Безопасность производств» Санкт-Петербургского государственного горного университета, г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 16.05.2012.