

С.П. Высоцкий /д.т.н./

Автомобильно-дорожный институт

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» (Горловка)

Т.С. Башева /к.т.н./

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Макеевка)

РИСКИ В СТРОЙИНДУСТРИИ И ОБОСНОВАНИЕ ПЕНСИОННОГО ВОЗРАСТА

Приведен анализ рисков развития заболеваний и получения производственных травм в строительной отрасли промышленности. Выведены аналитические зависимости показателей рисков для различных специальностей. С использованием вербально-цифровой шкалы Харрингтона найдены значения возраста выхода на пенсию или смены специальности.

Ключевые слова: строительная индустрия, производственная травма, профзаболевание.

Строительная отрасль промышленности отличается высоким уровнем частоты смертельных случаев на производстве. На рис. 1 приведена гистограмма распределения опасностей в повседневной жизни [1,2]. Как видно из приведенных данных, среднестатистический уровень опасности в строительной отрасли промышленности в 1,91 раза превышает уровень опасности в химической промышленности.

В свою очередь, взаимоотношения между производственными факторами риска и их результатами приведены на рис. 2.

Методика оценки вероятности получения травмы в течение жизни для отдельных специальностей имеет существенное значение. Очевидно, что с увеличением возраста индивидуального работника риск получения травмы увеличивается, при этом для отдельных категорий работающих он значительно отличается.

В США для оценки накопленного риска принята следующая формула [3]:

$$PPPP = [1 - (1 - R)^T] \cdot 1000 ,$$

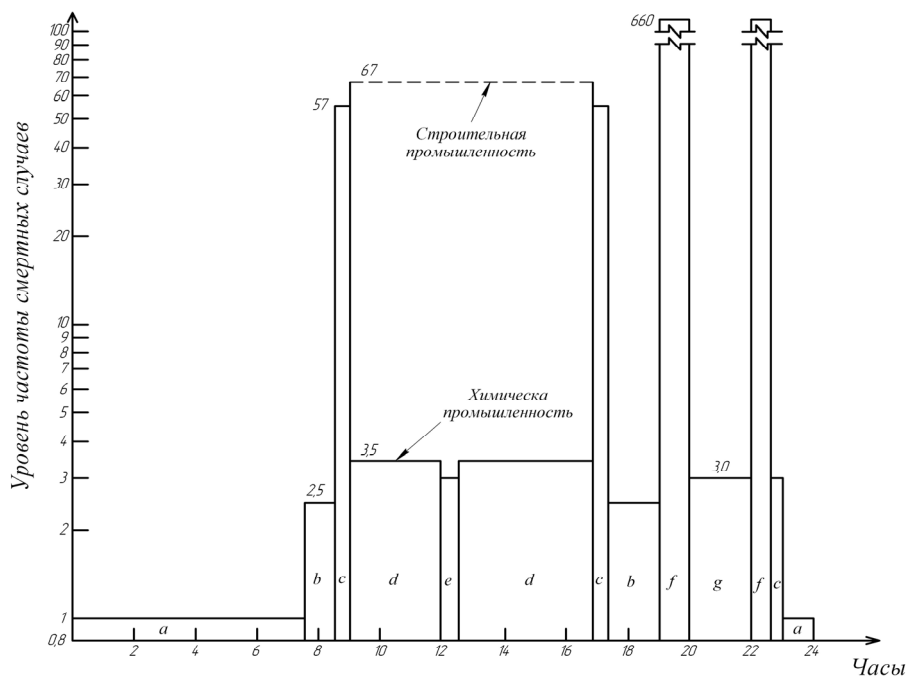


Рис. 1. Опасности, сопровождающие повседневную жизнь:

- a – время ночного сна; b – завтрак, умывание, одевание и пр. (в домашних условиях);
- c – поездка на службу или со службы в собственном автомобиле;
- d – рабочее время; e – время обеденного перерыва; f – езда на мотоцикле;
- g – культурные мероприятия и развлечения (например, посещение кафе)

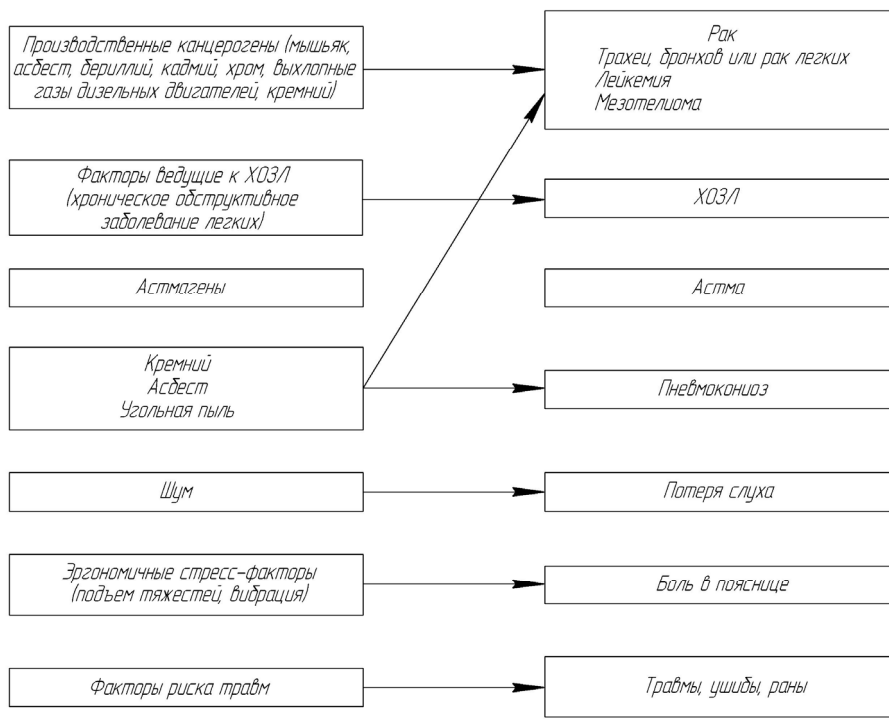


Рис. 2. Отношения между производственными факторами риска и их результатами

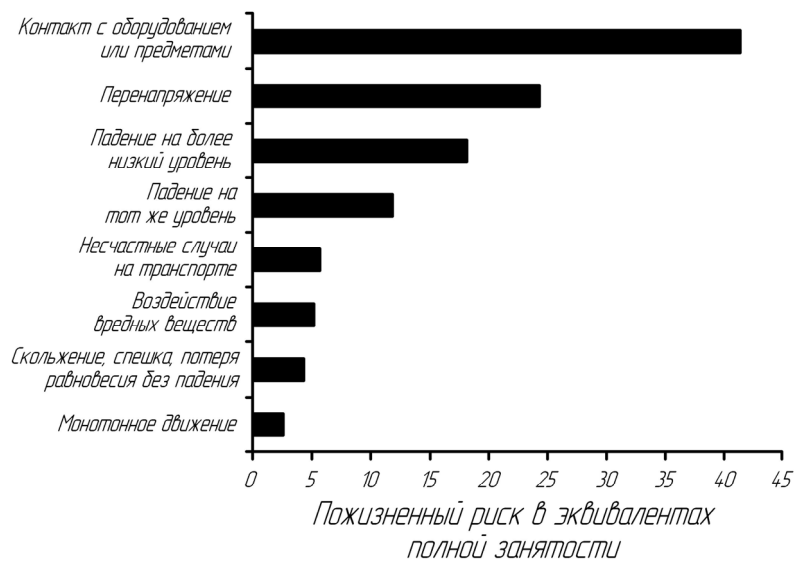


Рис. 3. Риск травм в строительстве с потерей рабочего времени для рабочих с возрастом 45 лет

где $PPPP$ – рабочий риск в течение продолжительности работы; τ – время воздействия риска получения травмы, при возрасте работающего « τ » лет; R – вероятность получения травмы работником в текущем году; $(1-R)$ – вероятность работы без травм в текущем году; $(1-R)^\tau$ – вероятность не получения травмы при работе в течение « τ » лет; $1-(1-R)^\tau$ – вероятность получения травмы за « τ » лет занятости.

Градации уровней пожизненного риска в эквивалентах потери времени от полной занятости персонала приведена на рис. 3 [2]. Как видно из представленных данных, преобладающими факторами риска является контакт с оборудованием или предметами, перенапряжение и падение на

более низкий уровень. Соответственно, для предотвращения несчастных случаев наибольшее внимание должно уделяться этим факторам.

Преобладающими факторами риска является развитие легочных заболеваний. Это особенно актуально для рабочих, связанных с выполнением кровельных, изоляционных работ, для работающих с цементом, отделочников, маляров.

Уровень накопленного риска хронического обструктивного заболевания легких в зависимости от вида занятости и достигнутого возраста приведены на рис. 4.

Авторами выполнен анализ данных по величине рисков для строительных специальностей, приведенных в работе [2].

Обработка данных в координатах

$$\lg R = f\left(\frac{1}{B}\right),$$

где B – достигнутый возраст рабочих, показала, что зависимость аппроксимируется прямыми линиями с одинаковым или близким углом наклона прямых для большинства специальностей (рис. 5). Отличие касается административных работников и научных сотрудников.

Соответственно, значения показателей накопленного риска развития обструктивного заболевания легких у работников различных специальностей определяются следующими зависимостями:

– кровельщики (возраст до 50 лет):

$$R = 1,06 \exp\left(-\frac{115,13}{B}\right),$$

– каменщики:

$$R = 0,83 \exp\left(-\frac{115,13}{B}\right),$$

– столяры:

$$R = 0,66 \exp\left(-\frac{115,13}{B}\right),$$

– механики:

$$R = 0,49 \exp\left(-\frac{115,13}{B}\right),$$

– рабочие прочих специальностей:

$$R = 0,37 \exp\left(-\frac{115,13}{B}\right),$$

– административные работники и научные сотрудники:

$$R = 0,29 \exp\left(-\frac{115,13}{B}\right).$$

Практика деятельности человека сопряжена с использованием многих показателей в качественном виде. Сюда можно отнести понятие опасности, оценку возрастных изменений и их влияние на возможность выполнения должностных обязанностей, оценку возраста человека для выхода на пенсию, отбор работников для выпол-

нения тех или иных обязанностей и др. [4].

С точки зрения беспристрастного выбора оптимальных решений и даже законодательных постановлений наиболее целесообразно применение количественных показателей. Обработка количественными методами качественной ин-

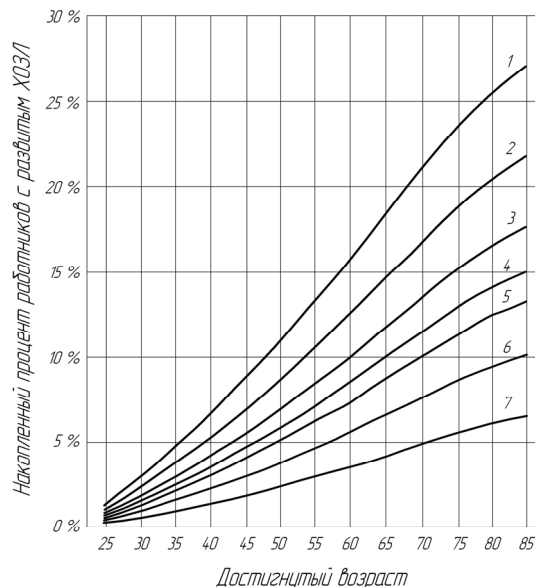


Рис. 4. Строительные специальности с накопленным риском развития хронического обструктивного заболевания легких (ХОЗЛ) в зависимости от достигнутого возраста: 1 – кровельщики; 2 – каменщики; 3 – столяры, плотники; 4 – инженеры; 5 – машинисты и механики; 6 – все другие специальности; 7 – административные работники и научные сотрудники

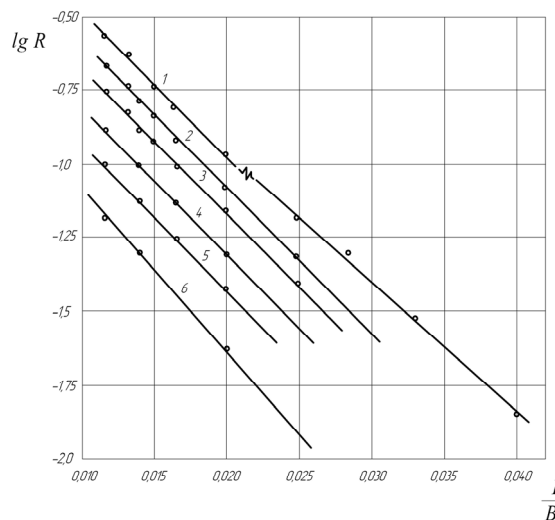


Рис. 5. Зависимость величины накопленного уровня риска от вида занятости персонала и достигнутого возраста: 1 – кровельщики; 2 – каменщики; 3 – столяры, плотники; 4 – машинисты, механики; 5 – прочие специальности; 6 – административные работники и научные сотрудники

Табл. 1. Вербально-числовая шкала Харрингтона

№ п.п.	Наименование градации	Числовые интервалы	Среднее количественное значение
1	очень низкая	0-0,2	0,1
2	низкая	0,2-0,37	0,285
3	средняя	0,37-0,63	0,5
4	высокая	0,63-0,8	0,715
5	очень высокая	0,8-1	0,9

Табл. 2. Ранжирование значения «у» от величины предэкспоненциального множителя в уравнениях рисков

Предэкспоненциальный множитель	1,06	0,83	0,66	0,49	0,37
Значение «у»	0,77	1	1,17	1,38	1,5

формации основана на использовании вербально-числовых показателей, в состав которых включены как наименования градаций, так и соответствующие им качественные значения.

В широкой практике во многих отраслях человеческой деятельности: в экономике, технике и даже медицине используется вербально-числовая шкала Е.К. Харрингтона (табл. 1).

Указанная шкала настроена на основе логистической функции Харрингтона – так называемой «кривой желательности» или «кривой предпочтительности» [5]:

$$d = \exp[-\exp(-y)], \quad (1)$$

где y – частные показатели; d – шкала предпочтительности или желательности.

Функция «у» имеет два участка насыщения: в $d=0$ и $d=1$. С линейным участком от $d=0,2$ до $d=0,8$. Интервал от $2 \leq y \leq 5$, является промежутком эффективных значений. Линейному участку значений d соответствуют значения «у» 0,7-1,5.

Функция Харрингтона как функция принадлежности обладает такими свойствами как: адекватность, статическая чувствительность и эффективность. Здесь под понятием чувствительности понимается отношение по шкале предпочтений (желательности) к вызвавшему его приращению по шкале признака (в нашем случае – риска возникновения неблагоприятных ситуаций: травм, заболеваний и др.).

Из полученных ранее значений показателей рисков следуют интересные следствия. По вербально-числовой шкале Харрингтона уровень высокой предпочтительности (желательности) соответствует числовому интервалу 0,63-0,8. Этот интервал, обозначающий частную желательность (от франц. *desirable* – желательный), является откликом на значения y , полученные по формуле (1) и равные 0,77 и 1,5, соответственно, для $d=0,63$ и 0,8. Можно принять уровни значений возраста выхода работника на пенсию или перевода его на работу, связанную с меньшим

риском для здоровья в диапазоне от 50 до 65 лет. Следует отметить, что уменьшение нижнего уровня связано с социальными проблемами. Верхний уровень в разных странах имеет градацию от 60 лет (Россия, Украина), 65 (ФРГ), 70 лет (Япония). Из логических соображений значения «у» пропорциональны логарифму показателей рисков.

Составив уравнения для большего и низшего значения возрастов с учетом частных показателей, y получим:

$$\begin{cases} a \left[\ln 1,06 \exp\left(-\frac{115,13}{50}\right) \right] + b = 0,77; \\ a \left[\ln 0,37 \exp\left(-\frac{115,13}{65}\right) \right] + b = 1,50; \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} b - 2,24a = 0,77; \\ b - 2,76a = 1,50. \end{cases} \quad (3)$$

Из приведенных уравнений находим значения $a=-1,4$ и $b=-2,37$ после ранжирования значения y в соответствии с изменением предэкспоненциального множителя в пределах $0,77 \approx 1,5$ по данным табл. 2.

Подставив значения «у» в соответствующие уравнения аналогично (2) и (3), находим предельные значения возраста для кровельщиков – 50 лет; каменщиков – 52 года; столяров – 55 лет; механиков – 59 лет и для работников прочих специальностей – 65 лет.

Выводы

1. Выполнен анализ рисков развития заболеваний и получения производственных травм для строительной отрасли промышленности.

2. Приведены аналитические зависимости для риска развития заболеваний и получения производственных травм для отдельных специальностей в строительной отрасли промышленности.

3. На основе использования вербально-числовой шкалы Харрингтона выполнена оценка

возраста для выхода на пенсию или смены профессии для работников различных специальностей в строительстве.

Список литературы

1. Пістун І.П. Безпека життєдіяльності. – Суми: Університетська книга, 1999. – 301 с.
 2. Risk of a Lifetime in Construction. Part 1: Traumatic injuries / S.D. Xiuwen, K. Ringen, L. Welch, J. Dement // American journal of in-

dustrial Medicine. – 2014. – No.57. – P. 973-983.
 3. Prieto B. Application of Life Cycle Analysis in the Capital Assets Industry / PM World Today – Featured Paper, March. – 2012. – P. 36.
 4. Chen G., Pham T.T. Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems. – London; New York: CRC press, 2010. – 328 p.
 5. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы / Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15-23.

S.P. Vusotsky /Dr. Sci. (Eng.)/

Automobile and Highway Institute Donetsk National Technical University (Gorlovka)

T.S. Bashevaya /Cand. Sci. (Eng.)/

Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture (Makeyevka)

**RISKS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY
AND SUBSTANTIATION OF THE RETIREMENT AGE**

Background. *The construction industry is characterized by the high injury level and the development of occupational diseases. The average risk level in the construction industry is 1.91 times higher than in the chemical industry. The assessment technique of getting an injury during a lifetime for definite professions is of significant importance. It is evident that the risk of getting a job-related injury increases with the advancing years of an individual worker, besides it varies depending on the categories of workers.*

Materials and/or methods. *Using the data obtained by the American researchers, the analytical dependences of the accumulation risk rate of the obstructive pulmonary disease development among workers of various professions in the construction industry have been drawn.*

Results. *Industrial risk factor characteristics and their consequences, namely, health loss, have been provided. The increased age of a worker leads to the increased risk of getting an injury; the risk varies considerably for definite categories of workers. Rates of the lifelong risk level gradation in terms of time loss of full time personnel employment have been given. It is also shown that quantitative methods must be applied for qualitative data processing using such qualitative rates as danger, assessment of age-related changes and the possibility of performing professional duties. Using the verbal-numerical Harrington scale and the obtained risk factors allows us to assess the rate levels of the worker's retirement age or his or her assignment to a less hazardous position. According to the Harrington scale the highest preference level ranging from 0.63 to 0.8, is set, which corresponds to the individual value rates ranging from 0.77 to 1.5. The latter is proportional to the logarithm of the injury risk level or the development of occupational diseases among workers of corresponding professions. For the professions in the construction industry the rate levels of the worker's retirement age or his or her assignment to a less hazardous position are established at 50-65 years. The upper level in various countries ranges from 60 to 70 years, while the reduction of the bottom level relates to the social problems.*

Conclusion. *On the basis of the risk level assessment using the Harrington desirability scale, the recommended age rates have been assessed, which makes up 50 years for roofers, 52 years for masons, 55 years for joiners, 59 years for mechanics and 65 for other professions.*

Keywords: *construction industry, job-related injury, occupational disease.*

Сведения об авторах

С.П. Высоцкий

Телефон: +380 (50) 649-84-36
 Эл. почта: dlakachansm@mail.ru

Т.С. Башевая

Телефон: +380 (95) 684-97-38
 Эл. почта: bashevaya@mail.ru

*Статья поступила 22.06.2015 г.
 © С.П. Высоцкий, Т.С. Башевая, 2016
 Рецензент к.т.н., доц. Л.Н. Морозова*