

УДК 622.86

DOI 10.23947/2541-9129-2017-2-44-53

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА
ТРАВМАТИЗМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
МАШИНОСТРОЕНИЯ РОСТОВСКОЙ
ОБЛАСТИ***М. С. Плешко, Н. В. Рябова*

Донской государственный технический университет, г.
Ростов-на-Дону, Российская Федерация

mixail-stepan@mail.runatali_in_love08@mail.ru

Целью настоящей работы является поиск методов комплексной оценки травматизма на предприятиях машиностроения Ростовской области. В работе рассматриваются основные подходы к анализу риска. Приводятся качественные и количественные методики оценки производственного риска, классификация методов анализа и оценки риска.

Ключевые слова. Анализ, риск, производственный травматизм, расследование, системный подход.

Введение. Устойчивое развитие предприятия машиностроения возможно только при эффективном управлении рисками. Это подразумевает оптимальное распределение затрат на снижение основных видов риска, позволяющее достичь требуемого уровня безопасности, адекватного современным условиям [1].

Постановка задачи. Для поиска оптимальных решений необходим комплексный анализ риска. Его конечной целью является наиболее точное прогнозирование влияния опасных и вредных производственных факторов и определение своевременных и адекватных возможным угрозам мер реагирования.

В этой связи рассмотрим основные подходы к анализу риска и определим проблемные места их применения применительно к машиностроительной отрасли Ростовской области.

UDC 622.86

DOI 10.23947/2541-9129-2017-2-44-53

**STUDY OF RISK PREDICTION AT
MECHANICAL ENGINEERING
ENTERPRISES OF ROSTOV WELDER***M. S. Pleshko, N. V. Rybova*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

mixail-stepan@mail.runatali_in_love08@mail.ru

The aim of this work is the search for methods of integrated assessment of occupational injuries at enterprises of mechanical engineering of Rostov region. The paper discusses the main approaches to risk analysis. It provides qualitative and quantitative methods for assessment of production risk, classification of methods of analysis and risk assessment.

Keywords: Analysis, risk, occupational injury, investigation, systematic approach

Introduction. Sustainable development at mechanical engineering enterprises is possible only with effective risk management. This implies the optimal cost allocation for major risks reduction, allowing reaching the required level of security, adequate to modern conditions [1].

Statement of the problem. A comprehensive risk analysis is necessary in order to search for optimal solutions. Its ultimate goal is the most accurate prediction of the influence of dangerous and harmful production factors and determination of timely and adequate measures for possible threats.

In this regard, let us consider the main approaches to risk analysis and identify problem areas for their application with regard to mechanical engineering industry of Rostov region.

Теоретическая часть. По наиболее общему ранжированию выделяют качественные и количественные методики оценки производственного риска (рис.1).

В рамках качественных методов можно выделить четыре основных подхода:

- 1) методы анализа имеющейся за определенный временной период информации;
- 3) методы математического моделирования;
- 2) методы сбора новой, постоянно обновляемой информации;
- 4) эвристические методы.

Theoretical part. Qualitative and quantitative methods for assessment of production risk (Fig.1) are distinguished by ranking.

Within qualitative methods it is possible to single out four basic approaches:

- 1) methods of analysis of information which is available at a certain time period;
- 3) methods of mathematical modeling;
- 2) methods of collection of new, constantly updated information;
- 4) heuristic methods.

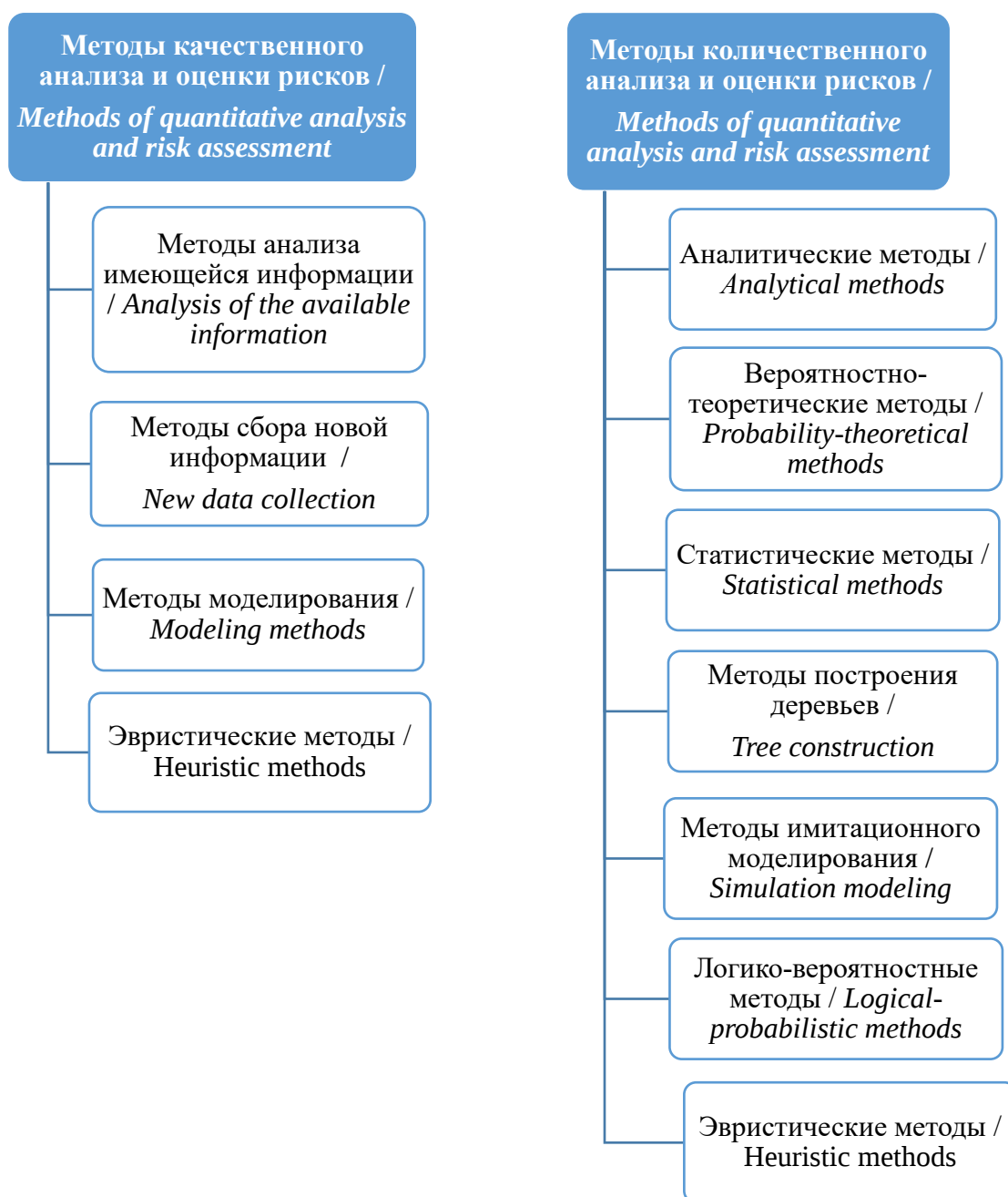


Рис.1. Классификация методов анализа и оценки риска

Fig.1. Classification of methods of analysis and risk assessment

Методы анализа имеющейся информации представляют собой анализ документов статистической, технической и т. п. отчетности предприятия, и анализ произошедших на предприятии аварий.

Для сбора новой информации о потенциальных рисках наиболее широко применяют методы анкетирования, консультирования со специалистами, персональные инспекционные посещения подразделений предприятия [2].

Методы моделирования основаны на создании и последующем исследовании моделей производства и явлений с целью прогноза возможных рисков.

Моделирование развития рисков ситуации основывается на выявлении и оценке факторов риска, отдельных групп или видов риска, а также последствий проявления каждого прогнозируемого риска. Для выявления факторов риска широко применяют методы мозгового штурма, экспертных оценок и др. [3].

Эвристические методы качественного анализа рисков базируются на методических основах строгой логики и предусматривают применение методов индукции, дедукции, анализа, синтеза, системного подхода. При этом используется имеющейся на данный момент массив данных [4].

Методы количественного анализа и оценки рисков направлены на численную оценку конкретного вида риска, после чего может быть получена интегральная оценка, например, риска травматизма на предприятии в целом. Методы количественного анализа принято делить на следующие группы:

- 1) аналитические методы;
- 2) вероятностно-теоретические методы;
- 3) нетрадиционные методы;
- 4) эвристические методы.

Аналитические методы позволяют определить вероятность риска на основе математических моделей.

Methods of analysis of the available information represent the analysis of documents of statistical, technical, etc. statements, and the analysis of factory accidents.

To collect new information on potential hazards the most widely used methods are questionnaires, expert opinion, personal visit for inspection of divisions of the enterprise [2].

Simulation methods are based on creation and subsequent study of the patterns of production and phenomena to forecast possible risks.

The simulation of risk situation development is based on the identification and assessment of risk factors, specific groups or types of risk and the consequences of the occurrence of each predicted risk. To identify risk factors such methods as brainstorming, expert assessments, etc. are widely used. [3].

Heuristic methods of qualitative risk analysis are based on the methodological foundations of rigorous logic and provide application of such methods as induction, deduction, analysis, synthesis, system approach. The currently available dataset is used for this [4].

Methods of quantitative analysis and risk assessment are aimed at numerical estimation of the specific risk, after which an integral estimation can be obtained, for example, the risk of injuries at the enterprise in general. Methods of quantitative analysis can be divided into the following groups:

- 1) analytical methods;
- 2) probability-theoretical methods;
- 3) unconventional methods;
- 4) heuristic methods.

Analytical methods make it possible to determine the probability of risk based on mathematical models.

К ним относят: анализ целесообразности затрат, анализ чувствительности, анализ устойчивости и метод сценариев.

Вероятностно-теоретические методы подразделяют на статистические методы, методы построения деревьев и имитационного моделирования, логико-вероятностные методы.

Суть статистических методов анализа и оценивания рисков заключается в определении вероятности проявления риска (рискообразующего фактора) на основе данных статистики [5]. При исследовании определяют среднее ожидаемое значение, дисперсию, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, также производят регрессионный и корреляционный анализ.

Широко применяют на практике метод построения дерева событий, дерева отказов, а также метод построения дерева решений [6,7].

Одними из наиболее эффективных средств анализа сложных производственных систем и рисков являются методы имитационного моделирования. К широко применяемым методам в частности можно отнести метод симуляций Монте-Карло [8].

Нетрадиционные методы анализа и оценки рисков реализуются при помощи моделирования на основе аппарата нечеткой логики и систем искусственного интеллекта [9].

Особенностью эвристических методов оценки рисков является использование личных знаний, опыта и интуиции при разработке гипотез о вероятности возникновения рисков событий. Наиболее популярными являются методы экспертных оценок, метод «Дельфи», а также метод построения «розы рисков» [8].

Также выделяют комбинированные методы анализа и оценки рисков, которые

These include: analysis of usefulness of costs, sensitivity analysis, stability analysis and scenario method.

Probability-theoretical methods are divided into statistical methods, methods of tree construction and simulation modeling, logical-and-probabilistic methods.

The essence of statistical methods of analysis and risks assessment is to determine the probability of risk (risk factor) based on statistics [5]. The average expected value, variance, root-mean-square difference, coefficient of variation are determined, as well as the regression and correlation analysis is conducted.

Method of construction of event tree, fault tree, and a method of constructing a decision tree [6,7] are also widely used in practice.

One of the most effective means of analysis of complex industrial systems and risks are methods of simulation. In particular the method of simulation Monte Carlo can be attributed to widely used methods [8].

Unconventional methods of analysis and risk assessment are implemented using the modeling based on fuzzy logic and artificial intelligence systems [9].

The peculiarity of heuristic risk assessment methods is the use of personal knowledge, experience and intuition to develop hypotheses about the probability of occurrence of risk events. The most popular are the methods of expert estimations, the Delphi method, and epy method of construction of the "rose" of risks [8].

There are also combined methods of analysis and assessment of risks which are a

представляют собой объединение нескольких отдельных качественных и количественных методов или их отдельных элементов.

Необходимо подчеркнуть, что при применении любого из проанализированных методов анализа рисков его эффективность будет во многом определяться надежностью, полнотой и достоверностью используемой при анализе информации.

Однако в настоящее время структуру статистической отчетности показателей травматизма предприятий машиностроения Ростовской области можно охарактеризовать как неудовлетворительную. Пример заполненной формы приведен в таблице 1. Из нее исключены колонки с наименованием предприятия и персональными данными пострадавших.

Содержание представленной формы не позволяет эффективно применить любой из описанных выше методов оценки риска. Существенно затруднена и разработка оперативных мероприятий по повышению безопасности труда.

Прежде всего необходимо выявление скрытых причин травматизма. Они могут быть обусловлены психофизиологическим состоянием работника, его квалификацией, взаимоотношениями в коллективе, уровнем и качеством управленческих звеньев, состоянием основных элементов технологических линий в целом и конкретных видов оборудования в частности, параметрами организации работ, микроклимата, условий труда и др. Для качественного анализа и прогнозирования необходимо максимально детальное выявление всех влияющих факторов.

combination of several separate qualitative and quantitative methods and their elements.

It must be emphasized that on application of any of the analyzed methods of risk analysis its effectiveness will greatly depend on completeness and reliability of the used in the analysis data.

Currently, however, the structure of statistical reporting indicators of injury of mechanical engineering enterprises of Rostov region can be described as unsatisfactory. The example of the filled in form is shown in table 1. It excludes the column with the company name and personal data of victims.

The content of the submitted form makes it impossible to effectively apply any of the above-described risk assessment techniques. The formulation of operational measures to improve safety is significantly hampered.

First of all it is necessary to identify underlying causes of injury. They can be caused by physiological condition of a n employee, his qualification, relationships in the team, the level and quality of management, state of the main elements of technological lines in general and specific types of equipment in particular, organization of work, environment, working conditions, etc. For quality analysis and forecasting the detailed identification of all the influencing factors is necessary.

Таблица 1
Table 1

Пример сводной таблицы по случаям травматизма на предприятиях машиностроения
Ростовской области

*The example of summary table on cases of traumatism at the enterprises of mechanical
engineering of Rostov region*

№ п/п	Отрасль/ Industry	Вид происшествия/ Accident type	Причина/ Cause	Обстоятельства и причина несчастного случая/ Circumstances and cause of the accident
1	Производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства / <i>Manufacture of machinery and equipment for agriculture and forestry</i>	Воздействие вредных веществ (в том числе алкоголя, наркотических, токсических или иных средств) / <i>Impact of harmful substances (including alcohol, narcotic, toxic or other substances)</i>	Неудовлетворит ельная организация производства работ/ <i>Unsatisfactory organization of works</i>	При выполнении ремонтных работ на оборудовании краскоподачи, вплеснувшийся растворитель попал в лицо в т.ч в глаза/ <i>While working on ink- supplying equipment spilled ink hit the face including eyes</i>
2	Производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства / <i>Manufacture of machinery and equipment for agriculture and forestry</i>	Обвалы зданий, стен, строительных лесов, лестниц, складированных товаров и др/ <i>Collapses of buildings, walls, scaffolding, ladders, warehouses, etc.</i>	Неудовлетворит ельная организация производства работ/ <i>Unsatisfactory organization of works</i>	В 12-00 при обрушении кровли получили травмы / <i>At 12-00 in the collapse of the roof were injured</i>
3	Производство машин и оборудования для сельского и лесного хозяйства / <i>Manufacture of machinery and equipment for agriculture and forestry</i>	Обвалы зданий, стен, строительных лесов, лестниц, складированных товаров и др./ <i>Collapses of buildings, walls, scaffolds, ladders, stored goods, etc</i>	Неудовлетворит ельная организация производства работ/ <i>Unsatisfactory organization of works</i>	При обрушении кровли получили травмы / <i>Got injured during the collapse of the roof</i>

4	Производство подъемно-транспортного оборудования / <i>Manufacture of lifting and handling equipment</i>	Удары падающими предметами и деталями (включая их осколки и частицы) при работе (обращении с ними) / <i>Impact of falling objects and details (including fragments and particles) during work with them</i>	Неприменение работником средств индивидуальной защиты / <i>The employee didn't use personal protective equipment</i>	В 10-00 при зачистке швов теплообменника получил травму глаза осколком шлака / <i>At 10: 00 when cleaning the seams of the heat exchanger got his eye injured with a fragment slag</i>
5	Производство станков / <i>Manufacture of machine tools</i>	Защемление между неподвижными и движущимися предметами, деталями и машинами (или между ними) / <i>Getting squeezed between still and moving objects, details and machines</i>	Прочие причины, квалифицированные по материалам расследования несчастных случаев/ <i>Other reasons classified according to the materials of accidents investigation</i>	По неосторожности получил травму руки, попавшей под плиту прессы/ <i>Negligently injured hand which was caught under the press plate</i>
6	Производство механического оборудования / <i>Manufacture of mechanical equipment</i>	Прочие контакты (столкновения) с предметами, деталями и машинами (за исключением ударов (ушибов) / <i>Other contacts (collisions) with objects, parts, and machines (excluding bumps (bruises)</i>	Неудовлетворительная организация производства работ/ <i>Unsatisfactory organization of works</i>	В 10-40 получил травму позвоночника (произошел захват одежды) / <i>At 10-40 got his spine injured (there was a seizure of clothing)</i>

Другой важной проблемой является высокий уровень «скрытого» травматизма, что не позволяет произвести достоверный количественный анализ и своевременно выработать нужные управленческие решения. При этом происходит накопление ошибок и постоянное снижение эффективности вложений на мероприятия по охране труда.

Опрос и анкетирование работников предприятий машиностроения Ростовской области, проведенное авторами, свидетельствует о низкой мотивации к безопасному труду и заинтересованности в

Another important problem is the high level of "hidden" injury that does not make it possible to conduct a reliable quantitative analysis and to develop necessary management decisions. When this occurs, the accumulation of errors and constant decrease in the efficiency of investments in measures for the protection of labor occurs.

Survey and questionnaires of workers of mechanical engineering enterprises of Rostov region, which was carried out by the authors, indicates on low motivation for safe work and interest in the effective organization of the

эффективной организации системы охраны труда на предприятии. Так, на рисунке 2 представлена диаграмма, характеризующая вес различных социально-личностных факторов, влияющих на травматизм работников. Каждый работник мог отметить несколько факторов, имевших место в его производственной деятельности.

system of labor protection at enterprises. Figure 2 presents a diagram describing the weight of different socio-personal factors influencing injuries of workers. Each employee was able to note several factors that occurred in his production activities.

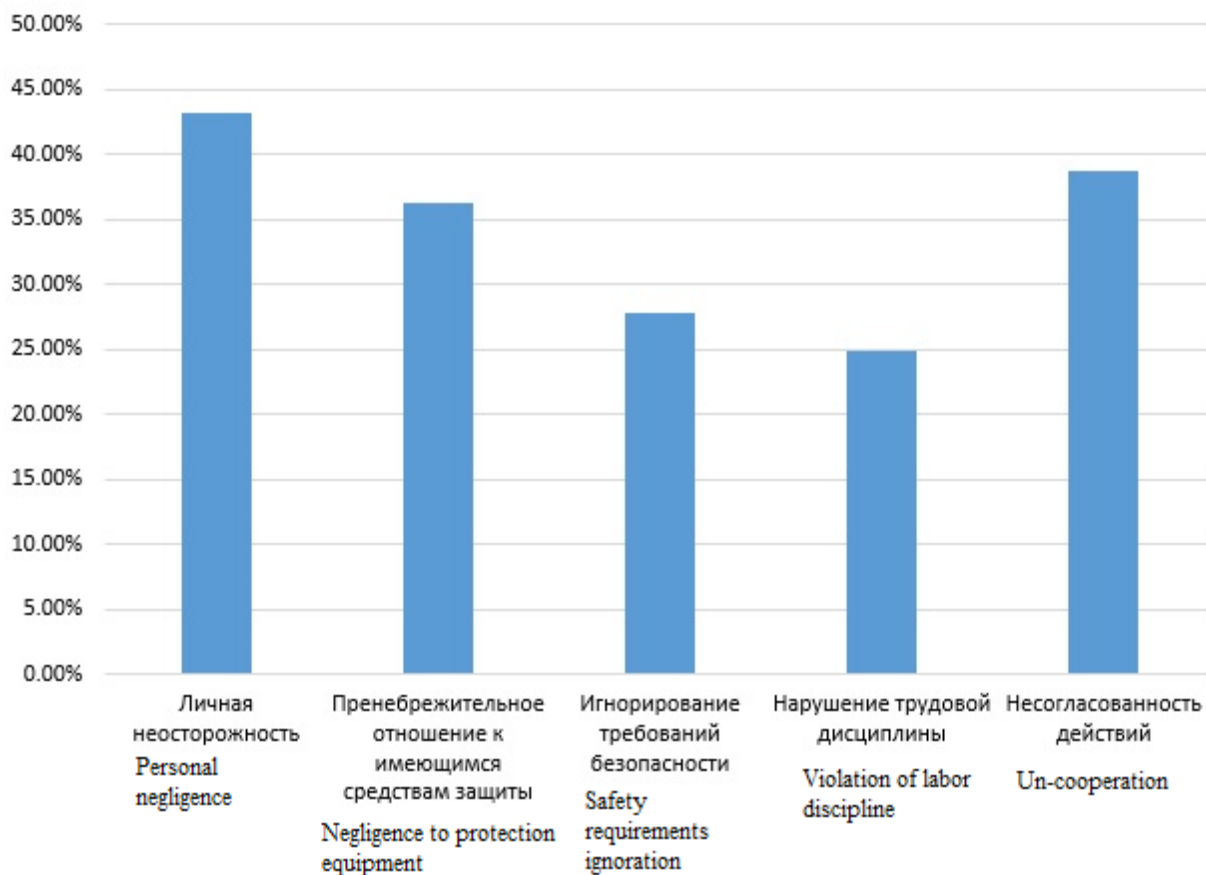


Рис. 2. Вес основных личностно-социальных факторов, влияющих на травматизм работников предприятий машиностроения

Полученные результаты свидетельствуют о сложившейся системе систематических нарушений безопасности труда.

Также недостаточно стандартизирована документация отделов охраны труда на предприятиях машиностроения Ростовской области. В имеющейся отчетности описание обстоятельств несчастных случаев недостаточно полное и точное, отсутствует анализ влияющих факторов и др.

The results show the current system of systematic violations of occupational safety.

Also the documentation of labor protection departments at the enterprises of mechanical engineering of Rostov region it is not enough standardized. In the existing reports the description of accident circumstances is not complete and accurate, there is no analysis of the influencing factors, etc.

Заключение. С учетом вышесказанного, в настоящее время весьма актуальной является комплексная оценка травматизма на предприятиях машиностроения Ростовской области, выполненная на более высоком научно-методическом уровне с использованием максимально возможного массива данных и проведением экспериментальных исследований на наиболее проблемных предприятиях. Это позволит выработать общую стратегию по повышению безопасности труда на предприятиях машиностроения региона, а также увеличить эффективность капитальных вложений.

Библиографический список:

1. Зозуля, И. В. Концепции промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. — 1992. — №6. — С. 2–6.
2. Паштова, Л. Г. Риск-менеджмент на предприятии : справочник экономиста [Электронный ресурс] / Л. Г. Паштова. — 2003. — № 5. Режим доступа : [http : //www.profiz.ru/ se/5_03/864](http://www.profiz.ru/se/5_03/864)
3. Тэпман, Л. Н. Риски в экономике : учеб. пособие для вузов / Л. Н. Тэпман ; под ред. проф. Швандара. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. — 380 с.
4. Иохин, В. Я. Экономическая теория : учеб. / В. Я. Иохин. — М. : Экономистъ, 2006. — 681 с.
5. Новиков, А. М. Методология : Словарь системы основных понятий / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. — М. : Либроком, 2013. — 208 с.
6. Човушян, Э. А. Управление риском и устойчивое развитие : учеб. пособие для экономических вузов / Э. А. Човушян, М. А. Сидоров. — М. : Изд-во РЭА им. Г.А. Плеханова, 2009. — 528 с.
7. Трубачев, Е. В. Инвестиционная стратегия [Электронный ресурс] : учеб. курс / Е. В. Трубачев. — М. : МИЭМП, 2010. — Режим доступа : [http : //www.e-college.ru/xbooks/xbook189/book/index/index.html](http://www.e-college.ru/xbooks/xbook189/book/index/index.html)

Conclusion. Taking into account all the above mentioned at the present time very topical is the comprehensive evaluation of injuries at the enterprises of mechanical engineering of Rostov region, made at a higher level of scientific methodology with the use of the maximum possible data sets and experimental studies on the most problematic enterprises. This will make it possible to develop a common strategy for improving labor safety at mechanical engineering enterprises of the region, and to increase the efficiency of capital investments.

References:

1. Zozulya, I.V. Kontseptsii promyshlennoy bezopasnosti. [Concepts of industrial safety.] Bezopasnost' truda v promyshlennosti, 1992, no. 6, pp. 2-6 (in Russian).
2. Pashtova, L. G. Risk-menedzhment na predpriyatii: spravochnik ekonomista. [Risk management at the enterprise: economist guide.] 2003, no. 5. Available at: [http : //www.profiz.ru/ se/5_03/864](http://www.profiz.ru/se/5_03/864) (in Russian).
3. Tepman, L. N. ed. by prof. Shvandara. Riski v ekonomike: ucheb. posobie dlya vuzov. [Risks in economics: textbook for universities.] Moscow, YUNITI-DANA, 2002, 380 p. (in Russian).
4. Iokhin, V.Y. Ekonomicheskaya teoriya: ucheb. [Economic theory: textbook.] Moscow, Economist, 2006, 681 p. (in Russian).
5. Novikov, A.M., Novikov, D.A. Metodologiya: Slovar' sistemyosnovnykh ponyatiy. [Methodology: Glossary of basic concepts] Moscow, Librokom, 2013, 208 p. (in Russian).
6. Chovushyan, E.A., Sidorov, M.A. Upravlenie riskom i ustoychivoe razvitie: ucheb. posobie dlya ekonomicheskikh vuzov. [Risk management and sustainable development: textbook for economic universities.] Moscow, publ. house REA named after G. A. Plekhanov, 2009, 528 p. (in Russian).
7. Trubachev, E.V. Investitsionnaya strategiya: ucheb. kurs. [Investment strategy: edu. course] Moscow, MIEMP, 2010, Available at: [http : //www.e-college.ru/xbooks/xbook189/book/index/index.html](http://www.e-college.ru/xbooks/xbook189/book/index/index.html) (in Russian).
8. Ryhtikova, N. A. Analiz i upravlenie riskami organizatsii: ucheb. posobie. [Analysis and risk

8. Рыхтикова, Н. А. Анализ и управление рисками организации : учеб. пособие / Н. А. Рыхтикова. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2007. — 240 с.
9. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. — М. : Горячая Линия-Телеком, 2002. — 382 с.

- management of the organization: textbook.] Moscow, FORUM: INFRA-M, 2007, 240 p. (in Russian).
9. Kruglov, V.V., Borisov, V.V. Iskustvennye neyronnye seti. Teoriya i praktika. [Artificial neural networks. Theory and practice.] Moscow, Goryachaya Liniya-Telekom, 2002, 382 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 09.03.2017

Сдана в редакцию 10.03.2017

Запланирована в номер 20.05.2017

Received 09.03.2017

Submitted 10.03.2017

Scheduled in the issue 20.05.2017

Плешко Михаил Степанович,

доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета,

(РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

mikhail-stepan@mail.ru

Mikhail Stepanovich Pleshko,

doctor of technical Science, Professor, Department of life safety and environmental protection, Don State Technical University (Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation)

mikhail-stepan@mail.ru

Рябова Наталья Васильевна,

аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета

(РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

natali_in_love08@mail.ru

Natalya Vasilevna Ryabova,

post-graduate student, Department of life safety and environmental protection, Don State Technical University (Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation)

natali_in_love08@mail.ru