

## Оценка профессиональных рисков в технологических помещениях на предприятии микроэлектроники

*В.И. Каракеян, Н.Р. Харламов, А.С. Рябышенков*

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Москва,  
Россия*

*ryabyshenkov@mail.ru*

В современной системе обеспечения безопасного производства процедура оценки и управления профессиональными рисками как вероятностью причинения ущерба здоровью при выполнении трудовых обязанностей приобрела для предприятий микроэлектроники обязательный характер. Эта процедура предусматривает применение системных методов идентификации, мониторинга и анализа риска, фиксации полученных результатов, их интерпретацию и составление необходимой отчетности. В работе выполнен анализ рисков в технологических помещениях на предприятии микроэлектроники. Предложены корректирующие организационные мероприятия, позволяющие минимизировать вероятность возникновения опасного события и последующий ущерб. Процедура оценки профессиональных рисков осуществлена методом Файна – Кинни. Данный метод является наиболее информативным и учитывает тяжесть происшествия, а также его экономические последствия для предприятия. Установлено, что источники значительного риска в основном связаны с недостатками в планировке помещений, нарушением сроков лицензирования на работу с рентгеновским оборудованием, отсутствием вытяжной вентиляции, морально устаревшей системой сбора отработанной шлифовальной суспензии. Устранение этих недостатков дает возможности для понижения класса опасности профессиональных рисков и пересмотра тарифов в сторону их уменьшения.

**Ключевые слова:** опасное событие; идентификация опасностей; профессиональные риски; оценка уровня рисков; метод Файна – Кинни; экономическая оценка риска

**Для цитирования:** Каракеян В.И., Харламов Н.Р., Рябышенков А.С. Оценка профессиональных рисков в технологических помещениях на предприятии микроэлектроники // Изв. вузов. Электроника. 2021. Т. 26. № 3-4. С. 265–272. DOI: <https://doi.org/10.24151/1561-5405-2021-26-3-4-265-272>

## **Occupational Risk Assessment in Engineering Spaces at the Microelectronics Enterprise**

*V.I. Karakeyan, N.R. Kharlamov, A.S. Ryabyshenkov*

*National Research University of Electronic Technology, Moscow, Russia*

*ryabyshenkov@mail.ru*

**Abstract:** In the modern system of process safety management, the procedure for occupational risk assessment and management as a probability of causing damage to health in the performance of work duties has become mandatory for microelectronics enterprises. This procedure involves the use of systematic methods for risk identification, monitoring and analysis, obtained results recording and interpretation, and the necessary reporting preparation. This paper analyzes the risks in the main structural divisions of the microelectronics enterprise and suggests corrective organizational measures to minimize the likelihood of a dangerous event and subsequent damage. The procedure was carried out using the Fine – Kinney method, the most informative approach to risk assessment, taking into account the severity of the incident and its economic consequences for the enterprise. It has been established that the sources of significant risk are typically related to space planning flaws, failure to meet the time limit for X-ray equipment work licensing, absence of draw ventilation, and outmoded system of used lapping slurry collection. These shortcomings elimination opens up the opportunities for occupational hazard class lowering and downward revision in tariffs.

**Keywords:** hazardous event; hazard identification; occupational safety hazards; hazard rate estimation; risk assessment; Fine – Kinney method; economic evaluation of hazard

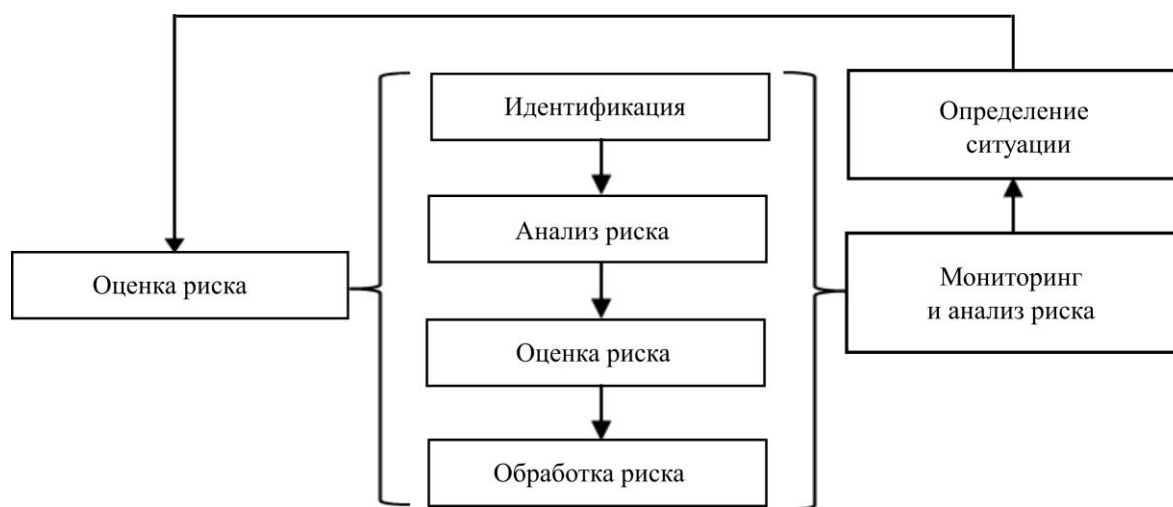
**For citation:** Karakeyan V.I., Kharlamov N.R., Ryabyshenkov A.S. Occupational risk assessment in engineering spaces at the microelectronics enterprise. *Proc. Univ. Electronics*, 2021, vol. 26, no. 3-4, pp. 265–272. DOI: [https://doi.org/ 10.24151/1561-5405-2021-26-3-4-265-272](https://doi.org/10.24151/1561-5405-2021-26-3-4-265-272)

**Введение.** В техносфере происходит постоянное взаимодействие человека, машин и окружающей среды. Качество функционирования человека в техносфере зависит от параметров среды и принятой технологии, и, наоборот, качество среды и технология могут изменяться в зависимости от качества функционирования человека. В такой системе предпосылками происшествий могут быть ошибки человека, отказы техники и неблагоприятные условия среды. На сегодняшний день существуют два основных направления обеспечения безопасности человека в техносфере. Первое состоит в полном отказе или минимизации энергоемких систем и недопущении условия для происшествий, что ограничено реализуемо в условиях роста экономики. Второе направление предполагает решение задач, связанных в числе других с трудовым процессом и возможными ошибочными действиями человека и отказами техники.

В процессе системного анализа проблемы безопасности предприятия микроэлектроники [1, 2] установлено, что одна из причин неблагополучия в этой сфере – несоответствие условий труда санитарно-гигиеническим требованиям. Как следствие, возникают профессиональные риски. В современной системе обеспечения безопасного

производства процедура оценки и управления профессиональными рисками как вероятностью причинения ущерба здоровью при выполнении трудовых обязанностей приобрела для предприятий обязательный характер, а ее игнорирование влечет за собой административную ответственность работодателя. Правильно организованная процедура оценки профессиональных рисков позволяет решить следующие основные задачи: управление производственными рисками; предотвращение инцидентов, аварий, внештатных ситуаций; снижение риска возникновения профзаболеваний; выявление и своевременное принятие мер по обеспечению безопасности; снижение ущерба предприятия при несчастных случаях.

**Методология исследования.** В настоящее время в РФ нет единой утвержденной методики оценки профессиональных рисков, поэтому в настоящей работе руководствовались рекомендациями ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Методы оценки риска» [3], содержащего более 30 подходов к оценке профессиональных рисков. При идентификации профессиональных рисков составляется индивидуальный реестр опасностей для основных производственных участков предприятия на основе ГОСТ Р 51901.22-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения» [4, 5]. Документ регламентирует следующий порядок оценки риска: 1) идентификация опасностей и условий их проявления; 2) оценка уровней риска; 3) разработка мероприятий для уменьшения профессионального риска. Последовательность идентификации риска показана в виде схемы на рисунке.



Последовательность идентификации риска  
Risk identification sequence

Для идентификации опасностей на предприятии микроэлектроники создается комиссия из нечетного числа участников в составе, например, главного инженера, заместителя главного инженера, главного механика, главного энергетика, начальника отдела охраны труда и экологии.

В реальном производственном процессе состав и уровень опасностей могут меняться, поэтому процедура оценки риска требует постоянного контроля и мониторинга [6, 7]. Это позволяет иметь оперативную многостороннюю и достоверную информацию о системе и ее недостатках, которые проявляются в ходе трудовой деятельности.

Исходя из цели получения наиболее полной оценки профессиональных рисков на предприятии, выбран метод Файна – Кинни, который в отличие от других подходов, оперирующих, как правило, двумя параметрами (тяжестью и вероятностью) рассматривает три показателя – характер воздействия опасности во времени, прогноз вероятности несчастного случая и тяжесть последствий. Суть метода заключается в последовательной оценке рисков как произведения трех составляющих – вероятности возникновения угрозы на рабочем месте  $C$ , степени подверженности работника воздействию опасности на рабочем месте  $S$  и тяжести последствий для работников в том случае, если опасность возникнет  $P$ :

$$R = CSP,$$

где  $R$  – индивидуальный производственный риск.

Основой метода Файна – Кинни является балльная оценка вероятности возникновения события, его возможного негативного воздействия и тяжести последствий для пострадавшего (табл.1).

**Таблица 1**  
**Table 1**

**Определение индивидуальных производственных рисков по методу Файна – Кинни**

**Determination of individual production risk by the Fine – Kinney method**

Вероятность возникновения угрозы на рабочем месте	Баллы	Подверженность работника воздействию опасности на рабочем месте	Баллы	Тяжесть последствий для работника в том случае, если опасность возникнет	Баллы
Ожидаемо, это случится	10	Постоянно (чаще одного раза в день или более 50 % времени смены)	10	Катастрофы, много жертв	100
Очень вероятно	6	Регулярно (ежедневно)	6	Разрушения, есть жертвы	40
Нехарактерно, но возможно	3	От случая к случаю (ежедневно – до шести раз в неделю)	3	Очень тяжелые, один смертельный случай	15
Невероятно	1	Иногда (ежемесячно два-три раза в месяц)	2	Потеря трудоспособности, инвалидность, профзаболевания	7
Можно представить, но невероятно	0,5	Редко (до 11 раз в год)	1	Случаи временной нетрудоспособности	3
Почти невозможно	0,2	Очень редко (до одного раза в год)	0,5	Легкая травма, достаточно оказания первой помощи	1
Фактически невозможно	0,1	–	–	–	–

В зависимости от полученной балльной оценки и итоговой классификации профессионального риска расставляются приоритеты в отношении мер, которые необходимо принять для устранения или снижения риска для здоровья персонала (табл.2).

Таблица 2

Уровни оценки риска и срочность мероприятий по их профилактике

Table 2

Risk assessment levels and urgency of prevention measures

Оценка риска	Значимость риска	Приоритет мероприятий по снижению риска
0–20	Малый риск	Специальных мер не требуется. Следует контролировать уровень опасности
20–70	Умеренный риск	Следует спланировать и выполнять мероприятия по снижению риска
70–200	Значительный риск	Необходимо запланировать и выполнять мероприятия по снижению риска в сжатые сроки
200–400	Высокий риск	Необходимо принять экстренные меры по снижению риска
Свыше 400	Сверхвысокий риск	Необходимо прекратить деятельность до устранения опасности или снижения риска

В результате идентификации профессиональных рисков комиссией проведена их систематизация для каждого технологического помещения. На предприятии существуют 939 малых рисков, не требующих специальных мер (табл.3), но обязательных для постоянного контроля уровня опасности, 294 умеренных риска, подлежащих минимизации за счет организационных мероприятий, а также 15 значительных рисков, требующих особого внимания.

При управлении безопасностью для планирования первоочередных мероприятий по минимизации профессиональных рисков необходим анализ размеров ущерба, наносимого предприятию происшествиями [8, 9]. Детализированный экономический ущерб предприятию от нарушений в области безопасности труда  $U_{б.т}$  в общем случае должен учитывать все разнообразие последствий происшествия для пострадавшего:

$$U_{б.т} = \sum_{i=1}^6 U_{б.т_i} + H_{п},$$

где  $\sum_{i=1}^6 U_{б.т_i}$  – сумма потерь возмещения в связи с несчастными случаями, травмами, профессиональными заболеваниями, руб.;  $H_{п}$  – потери, связанные с недополучением продукции из-за отсутствия работника (стоимость недополученной продукции), руб.

Сумма потерь возмещения складывается из значительного числа составляющих, определяемых последствиями происшествия (временной нетрудоспособностью, инвалидностью, потерей кормильца, переводом на другую работу, переобучением и т.д.). Практика показывает, что в годовом балансе таких выплат преобладают затраты на возмещение вреда от временной нетрудоспособности, а остальные составляющие суммы занимают незначительное место. Тогда ущерб может быть рассчитан по формуле

$$U_{б.т_i} = U_{т_i} + U_{з_i},$$

где  $U_{т_i}$ ,  $U_{з_i}$  – расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности, обусловленной травмами и заболеваниями, если нетрудоспособность возникла по вине предприятия, организации, руб.

Таблица 3

Количество опасностей по уровню риска в технологических помещениях на предприятии микроэлектроники

Table 3

The number of hazards by the level of risk in the engineering spaces at the microelectronics enterprise

Технологическое помещение	Малый риск (0–20)	Умеренный риск (20–70)	Значительный риск (70–200)
Участок шлифовки / полировки	44	10	–
Участок резки кристаллов	28	16	–
	15	7	–
	13	4	–
Энергобюро	17	7	–
Ремонтно-механический цех	13	4	1
	12	9	–
	11	3	1
	17	4	–
Участок эпитаксии	7	2	–
	13	3	1
	11	2	–
Лаборатория перспективных разработок	9	2	–
	8	1	–
	11	1	-
	9	1	-
Участок по выращиванию кристаллов	12	5	-
	9	4	-
	9	4	1
Участок вспомогательного производства	671	198	11
<b>Итого</b>	939	294	15

В реальном производстве в соответствии с Федеральным законом №179-ФЗ от 22.12.2005 г. [10] деятельность в 15 рассматриваемых случаях значительного риска (см. табл.3) следует отнести к 3-му классу профессионального риска на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, тариф для которого составляет 0,4 % от фонда оплаты труда.

Как следует из характера работ в технологических помещениях, потенциальные опасности и вредности, создающие значительные риски, в основном связаны с недостатками в планировке помещений, нарушением сроков лицензирования на работу с рентгеновским оборудованием, отсутствием вытяжной вентиляции, морально устаревшей системой сбора отработанной шлифовальной суспензии. Устранение этих недостатков создает возможности для понижения класса опасности профессиональных рисков и пересмотра тарифов в сторону их уменьшения. Отметим, что недостатки вентиляции воздуха и устаревшая система сбора и удаления отходов шлифования, создающие проблемы внутри производства, имеют также немаловажный экологический аспект в связи с проблемой выбросов, сбросов и обращения с отходами производства.

**Заключение.** Оценка профессиональных рисков в технологических помещениях на предприятии методом Файна – Кинни позволяет установить наиболее значимые опас-

ности и возможные экономические последствия от происшествий. Снижение профессиональных рисков в некоторых структурных подразделениях предприятия имеет не только социально-экономический, но и экологический характер. При выполнении рекомендаций по снижению профессиональных рисков на предприятии микроэлектроники следует предусматривать и исследование рассеивания выбросов, и обоснованность санитарно-защитной зоны предприятия.

### Литература

1. **Рябышенков А.С., Каракеян В.И., Харламов Н.Р.** Структурно-целевая модель обеспечения экологической безопасности предприятия микроэлектроники // Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в информационном обществе: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 25 дек. 2020 г.). Махачкала: Дагестанский территориальный институт профессиональных бухгалтеров, 2020. С. 229–236. DOI: <https://doi.org/10.34755/IROK.2020.87.90.251>
2. **Харламов Н.Р., Рябышенков А.С., Каракеян В.И., Никулина И.М.** Обеспечение производственно-экологической безопасности предприятия микроэлектроники // Современные научные исследования: сб. науч. тр. по материалам XXVII Междунар. науч.-практ. конф. (Анапа, 16 дек. 2020 г.). Анапа: Изд-во «НИЦ ЭСП» в ЮФО, 2020. С. 115–122.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска = Risk management. Risk assessment methods: Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2012. IV, 69 с.
4. ГОСТ Р 51901.22-2012. Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения = Risk management. Risk register. Principles of development: Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2014. IV, 15 с.
5. **Величенко А.Р.** Реестр рисков в испытательной лаборатории // Молодой ученый. 2020. № 20 (310). С. 90–91.
6. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 № 438н и приказ Роструда от 21.03.2019 № 77 «Об утверждении Методических рекомендаций по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=363981> (дата обращения: 06.02. 2021).
7. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 № 438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_205968/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205968/) (дата обращения: 06.02. 2021).
8. Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/laws/66> (дата обращения: 09.02. 2021).
9. **Каракеян В.И., Никулина И.М.** Безопасность жизнедеятельности: учеб. и практ. для академического бакалавриата. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2014. 330 с.
10. Федеральный закон от 22.12.2005 г. № 179-ФЗ. «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2006 год». URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/laws/13> (дата обращения: 10.02. 2021).

Поступила в редакцию 09.03.2021 г.; после доработки 09.03.2021 г.; принята к публикации 14.04.2021 г.

**Каракеян Валерий Иванович** – доктор технических наук, профессор Института перспективных материалов и технологий Национального исследовательского университета «МИЭТ» (Россия, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1), [zelikar@mail.ru](mailto:zelikar@mail.ru)

**Харламов Николай Романович** – магистрант Института перспективных материалов и технологий Национального исследовательского университета «МИЭТ» (Россия, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1), [kolya.kharlamov2017@yandex.ru](mailto:kolya.kharlamov2017@yandex.ru)

**Рябышенков Андрей Сергеевич** – доктор технических наук, профессор Института перспективных материалов и технологий Национального исследовательского университета «МИЭТ» (Россия, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1), [ryabyshenkov@mail.ru](mailto:ryabyshenkov@mail.ru)

## References

1. Ryabyshenkov A.S., Karakeyan V.I., Kharlamov N.R. Structural and target model of ensuring environmental safety of microelectronics enterprises. *Sovremennyye problemy tsivilizatsii i ustoychivogo razvitiya v informatsionnom obshchestve, Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Moscow, 25 Dec. 2020), Makhachkala, Dagestan Territorial Institute of Professional Accountants, 2020, pp. 229–236. (In Russian). <https://doi.org/10.34755/IROK.2020.87.90.251>
2. Kharlamov N.R., Ryabyshenkov A.S., Karakeyan V.I., Nikulina I.M. Ensuring industrial and environmental safety of microelectronics enterprises. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya, Sbornik nauchnykh trudov po materialam XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Anapa, 16 Dec. 2020), Anapa, NITs ESP v YuFO Publ., 2020, pp. 115–122. (In Russian).
3. *GOST R ISO / IEC 31010-2011 Risk Management. Risk Assessment Methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2012. iv, 69 p. (In Russian).
4. *GOST R 51901.22-2012 Risk Management. Risk Register. Principles of Development*. Moscow, Standartinform Publ., 2014. iv, 15 p. (In Russian).
5. Velichenko A.R. The register of risks in the testing laboratory. *Molodoy Uchenyy = Young Scientist*, 2020, no. 20 (310), pp. 90–91. (In Russian).
6. *Order of the Ministry of Labor of the Russian Federation of August 19, 2016 No. 438n and Order of Rostrud of March 21, 2019 No. 77 «On Approval of Instructional Guidelines for Checking the Creation and Operation of the Labor Protection Management System»*. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=363981> (accessed: 06.02. 2021). (In Russian).
7. *Order of the Ministry of Labor of the Russian Federation of August 19, 2016 No. 438n «On Approval of the Model Provisions on the Occupational Health and Safety Management System»*. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_205968/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205968/) (accessed: 06.02. 2021). (In Russian).
8. RF Federal Law «On Mandatory Social Insurance against Industrial Accidents and Occupational Diseases» of July 24, 1998 No. 125-FZ. Available at: <https://mintrud.gov.ru/docs/laws/66> (accessed: 09.02. 2021). (In Russian).
9. Karakeyan V.I., Nikulina I.M. *Life Safety*. 2<sup>nd</sup> ed., rev. and enlarg. Moscow, Yurayt Publ., 2014. 330 p. Bachelor's Degree, Academic Course Series. (In Russian).
10. *Federal Law No. 179-FZ of 22.12.2005. «On the insurance rates for compulsory social insurance against industrial accidents and occupational diseases for 2006»*. Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=363981> (accessed: 06.02. 2021).

Received 09.03.2021; Revised 09.03.2021; Accepted 14.04.2021.

### **Information about the authors:**

**Valery I. Karakeyan** – Dr. Sci. (Eng.), Prof. of the Institute of Advanced Materials and Technologies, National Research University of Electronic Technology (Russia, 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin sq., 1), [zelikar@mail.ru](mailto:zelikar@mail.ru)

**Nikolay R. Kharlamov** – Master's degree student of the Institute of Advanced Materials and Technologies, National Research University of Electronic Technology (Russia, 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin sq., 1), [kolya.kharlamov2017@yandex.ru](mailto:kolya.kharlamov2017@yandex.ru)

**Andrey S. Ryabyshenkov** – Dr. Sci. (Eng.), Prof. of the Institute of Advanced Materials and Technologies, National Research University of Electronic Technology (Russia, 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin sq., 1), [ryabyshenkov@mail.ru](mailto:ryabyshenkov@mail.ru)