

Кирьянова М.Н., Маркова О.Л., Иванова Е.В.

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург

**Введение.** В статье представлены результаты гигиенической оценки условий труда при разработке и производстве радиоэлектронных компонентов на базе современных предприятий по производству конденсаторов, микросхем, резисторов и полупроводниковых приборов. Были изучены условия труда основных профессий, с помощью которых осуществляется разработка (конструкторов, разработчиков) и производство радиоэлектронных компонентов (операторов фотолитографии, монтажников, сборщиков радиодеталей и полупроводниковых приборов, металлаторов, регулировщиков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), контролёров качества).

**Материал и методы.** Для оценки условий труда работающих в производстве радиоэлектронных компонентов выполнены гигиенические исследования факторов производственной среды и трудового процесса: на рабочих местах измерялись уровни шума, электромагнитных полей, параметры микроклимата, освещённость, загрязнение воздушной среды химическими веществами; проведены хронометражные исследования для определения тяжести и напряжённости трудового процесса.

**Результаты.** В результате исследований выявлены приоритетные вредные факторы для оценки риска здоровью работающих. Условия труда в группе профессий, занятых разработкой радиоэлектронных компонентов, оценены как вредные, ведущим фактором является напряжённость трудового процесса, обусловленная сенсорной и интеллектуальной нагрузкой. Условия труда в группе профессий, занятых в опытных и малосерийных производствах, характеризуются воздействием факторов производственной среды малой интенсивности. Общими для таких профессий, как сборщик, монтажник РЭА, контролёр, является выполнение основных технологических операций с оптическими приборами, во время которых применяются зрительно-напряжённый труд и фиксированная рабочая поза, относящие тяжесть трудового процесса работающих к вредным условиям труда.

**Выводы.** На основании полученных данных определены основные направления комплексной профилактики профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний работающих в производстве радиоэлектронных компонентов.

Ключевые слова: разработка и производство радиоэлектронных компонентов; условия труда; нагрузка на зрительный анализатор; фиксированная рабочая поза; профессиональный риск.

**Для цитирования:** Кирьянова М.Н., Маркова О.Л., Иванова Е.В. Гигиеническая оценка условий труда при производстве радиоэлектронных компонентов. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(12): 1235-1238. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1235-1238>

**Для корреспонденции:** Кирьянова Марина Николаевна, ст. науч. сотр. отд. комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья». E-mail: [mfn@ro.ru](mailto:mfn@ro.ru)

Kiryanova M.N., Markova O.L., Ivanova E.V.

## HYGIENIC ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS IN RADIO-ELECTRONIC COMPONENT PRODUCTION

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

*Findings on the hygienic assessment of working conditions in radio-electronic component development and production at a modern enterprise producing capacitors, microcircuits, resistors and semiconductor devices are reported. Working conditions of employees engaged in radio-electronic component development (developers, designers) and production (photolithographers, wiremen, radio-electronic component and semiconductor device assemblers, adjusters and quality control inspectors) were studied. Hygienic studies of the working environment and working process factors were carried out to assess working conditions: workplace noise and magnetic field levels, microclimatic parameters, illuminance, the air pollution by chemicals. Time studies were performed to evaluate the heaviness and intensity of the work process. As a result of our studies, the main adverse factors were identified to assess worker health risks. Working conditions in job groups engaged in radio electronic component design were evaluated as harmful of 3 class, 1 degree. Working process intensity caused by sensory and mental load was found to be the major adverse factor. Working conditions in the job group engaged in experimental and small-scale production are characterized by exposure to "low-intensity factors". Visual strain and fixed working posture are common for such jobs as radio electronic device wireman and quality control inspector using optical equipment in their work, which rates the heaviness of their working process as harmful working conditions. Our findings are intended to be used to define main harmful factors for the health risk assessment of radio component production workers, to carry out a comprehensive occupational health risk assessment, identifying job and long-term employment duration risk groups, to develop risk management measures. Our findings can provide a scientific*

*rationale and contribute to the development of a complex of hygienic and preventive medical measures to be introduced into the practice of health protection service.*

**Key words:** *radio-electronic component development and production; working conditions; occupational risks; visual strain; fixed working posture.*

**For citation:** Kiryanova M.N., Markova O.L., Ivanova E.V. Hygienic assessment of working conditions in radio-electronic component production. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018, 97(12): 1235-1238. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1235-1238>

**For correspondence:** Marina N. Kiryanova, senior researcher, Department of complex hygienic assessment of physical factors of the North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: [mnm@ro.ru](mailto:mnm@ro.ru)

**Information about authors:** Kiryanova M.N., <http://orcid.org/0000-0001-9037-0301>; Markova O.L., <http://orcid.org/0000-0002-4727-7950>; Ivanova E.V., <http://orcid.org/000-0001-9461-9979>.

*Conflict of interest.* The authors declare no conflict of interest.

*Acknowledgment.* The study had no sponsorship.

Received: 05 September 2018

Accepted: 20 December 2018

## Введение

Уровень развития современного общества определяется научными достижениями в области радиоэлектроники, информационных технологий передачи и обработки информации и характеризуется широким использованием полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС). Продукция предприятий микроэлектронной промышленности применяется в автомобилестроении, робототехнике, индустрии здравоохранения, в сфере телекоммуникаций, потребительской электроники. На её основе развиваются интернет вещей, устройства дополненной и виртуальной реальности, всё более мощные технологии для работы с большими объёмами данных при общей тенденции на миниатюризацию.

По прогнозам, в ближайшие годы российский рынок микроэлектроники будет определяться разработкой новых видов вооружения, летательных аппаратов; в автомобильной промышленности – за счёт реализации программ по локализации производства составляющих; внедрения системы «ЭРА-ГЛОНАСС»; в сегменте государственных услуг будет увеличиваться объём использования чипов для платёжной системы «Мир», электронных полисов медицинского страхования и т. п. [1, 2].

В современных экономических условиях в России развиваются небольшие компании и дизайн-центры, предоставляющие услуги по разработке и опытному малосерийному производству радиоэлектронных компонентов от разработки топологии микросхемы и тестирования модели до подготовки к серийному производству [3]. Такая модель организации бизнеса в отечественной электронной промышленности является более перспективной по сравнению с созданием крупных предприятий и сопровождается тенденцией к повышению численности и значения профессиональных групп, осуществляющих разработку микросхем и других радиоэлектронных компонентов. Профессии, осуществляющие сборку, регулировку и испытания образцов или небольших серий разработанных изделий, становятся менее массовыми.

В литературных источниках работы, посвящённые состоянию условий труда на современных предприятиях радиоэлектронной промышленности, крайне малочисленны [4–7]. Оценка профессионального риска здоровью работающих в перспективном развивающемся производстве радиоэлектронных компонентов с учётом внедрения нового оборудования и технологических процессов с гигиенических позиций является актуальной задачей.

Целью исследования явилась гигиеническая оценка условий труда работающих в производстве радиоэлектронных компонентов в современных условиях.

Задачей данного исследования стали выявление и оценка факторов профессионального риска для здоровья работающих в сфере разработки и производства конденсаторов, микросхем, резисторов и полупроводниковых приборов на основе результатов проведённых гигиенических исследований.

## Материал и методы

Гигиенические исследования проводились на базе трёх предприятий по производству радиоэлектронных компонентов и предусматривали изучение условий и характера труда при разработке и производстве микросхем, резисторов и полупроводниковых приборов: в конструкторско-технологических подразделениях – на рабочих местах инженеров, инженеров-конструкторов, разработчиков; в производственных подразделениях – на рабочих местах монтажников и сборщиков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), контролёров качества.

При выполнении основных производственных операций оценивались физические факторы производственной среды: уровни звука, электромагнитных полей искусственной освещённости, параметры микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха), а также загрязнение воздуха рабочей зоны химическими веществами.

Измерение уровней физических факторов, концентраций химических веществ проводилось с использованием утверждённых в системе Росаккредитации методик.

Измерения и оценка показателей тяжести и напряжённости трудового процесса проводились на основании хронометражных наблюдений, при которых основное внимание уделялось продолжительности работ, связанных с напряжением зрительного анализатора, монотонностью нагрузок, нагрузкой на верхние конечности, фиксированной рабочей позой, в соответствии с Руководством Р 2.2.2006–05\*. Всего выполнено более 2 000 исследований факторов производственной среды и показателей трудового процесса.

## Результаты

Для изучения условий труда в современном производстве радиоэлектронных компонентов были выделены 2 группы профессий, объединённые по принадлежности к разработке или производству радиоэлектронных компонентов.

\* Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

Первая группа представлена инженерами-конструкторами, инженерами-разработчиками, осуществляющими разработку структурной и принципиальной схем РЭА, конструктивных решений, специального программного обеспечения изделий.

Разработка микросхем и полупроводниковых приборов осуществляется с использованием компьютерных программ системы автоматизированного проектирования (САПР), для изделий создаются комплекты конструкторской документации – чертежей на блоки, узлы, платы с учётом спецификации, размеров, материалов, а также программное обеспечение. Время наблюдения за экраном видеотерминала составляет 5–6 часов при преимущественно графическом отображении информации. Инженеры-конструкторы и разработчики выполняют также настройку и испытания макетов изделий, используют микроскопы, лупы, что в среднем за смену составляет около двух часов.

На основании проведённых исследований установлено, что ведущим неблагоприятным фактором при разработке микросхем и полупроводниковых приборов является напряжённость трудового процесса, соответствующая 3-му классу 1-й степени условий труда, обусловленная интеллектуальными, эмоциональными и сенсорными нагрузками. Использование оптических приборов связано с нагрузкой на опорно-двигательный аппарат (тяжесть трудового процесса оценена как средняя физическая нагрузка – 2-й класс по показателю «фиксированная рабочая поза»). Уровни физических факторов производственной среды (шума, напряжённости электромагнитных полей, освещённости и микроклимата на рабочих местах инженеров-конструкторов, разработчиков) находились в допустимых пределах.

В производстве радиоэлектронных компонентов заняты специалисты с профессиями, составляющие вторую группу – монтажник РЭА, сборщик РЭА, контролёр качества.

При сборке различных элементов радиоаппаратуры до 70% объёма работ составляет пайка низкотемпературными припоями, среди которых наиболее распространены свинцово-оловянные (ПОС-61) [8]. Применение на изучаемых производствах технически более совершенных паяльных станций, припоев и флюсов в новом исполнении (паяльные пасты) позволило повысить качество пайки, однако основной объём паяльных работ по-прежнему выполняются вручную. Миниатюризация изделий и их элементов диктует необходимость всё более широкого применения оптических приборов на всех этапах выполнения сборочных операций и контроля качества.

При изготовлении радиоэлектронных компонентов основными трудовыми операциями являются сборка, монтаж и контроль качества деталей, выполняемые преимущественно под микроскопом. Размер большинства элементов имеет менее 0,5–0,3 мм, что требует точной координации движений, напряжения зрительного анализатора, длительного, до 75% времени смены нахождения в фиксированной позе «сидя». Тяжесть трудового процесса монтажников и сборщиков РЭА оценивается по этому показателю как тяжёлый труд – 3-й класс 1-й степени, а при выполнении межоперационного и окончательного контроля качества – как 3-й класс 2-й степени. Использование оптических приборов в течение более 50% времени смены характеризует трудовой процесс данных профессиональных групп как напряжённый 1-й степени.

## Обсуждение

Анализ данных ежегодного производственного контроля на рабочих местах при сборке и монтаже за 10-летний период свидетельствует, что процессы пайки, лужения контактов сопровождаются выделением в воздушную среду аэрозоля свинцово-оловянных припоев. Обнаруженные концентрации в зоне дыхания колебались в пределах от 0,005 до 0,015 мг/м<sup>3</sup> при ПДК 0,05 мг/м<sup>3</sup>. При маркировке, очистке и герметизации изделий используются органические растворители **ацетон (пропан-2-он)**, **бутилацетат**, **циклогексанон** и (Хлорметил оксиран) (эпихлоргидрин). Их содержание в воздухе рабочей зоны не превышало соответствующих ПДК. Такие уровни концентраций вредных веществ в воздушной среде обеспечиваются на изучаемых предприятиях эффективно работающей местной вытяжной вентиляцией.

На рабочих местах профессиональных групп, осуществляющих сборку, настройку и контроль изделий, измерялись также уровни шума, освещённости, параметры микроклимата.

Эквивалентные уровни шума, создаваемого преимущественно работающей приточно-вытяжной вентиляцией, не превышали 60 дБА.

Параметры производственного микроклимата (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха) на рабочих местах находились в допустимых пределах. Обращает внимание стабильно пониженная в холодный период года относительная влажность воздуха – 17–20%, обусловленная работой приточно-вытяжной вентиляции (подачей в помещения больших объёмов подготовленного воздуха без дополнительного увлажнения) [9]. Система комбинированного искусственного освещения выполнена люминесцентными лампами, обеспечивающими достаточные уровни освещённости для категории выполняемых зрительных работ высокой точности за счёт расположения ламп местного освещения на небольшой высоте над рабочей поверхностью.

Таким образом, уровни химических и физических факторов производственной среды при выполнении основных технологических операций в изучаемых производствах не превышают нормируемых значений. Полученные данные подтверждают результаты ранее выполненных исследований, характеризующих гигиенические факторы производственной среды при сборке, монтаже и контроле качества радиоэлектронных компонентов как факторы малой интенсивности [10]. В формировании условий труда работников, осуществляющих сборку и контроль изделий, определяющая роль принадлежит тяжести и напряжённости трудового процесса, в частности, длительному ограничению двигательной активности в фиксированной позе «сидя» и зрительной нагрузке, связанной с выполнением прецизионных работ с использованием оптических приборов.

По мнению многих исследователей, длительная работа с компьютером, а также выполнение прецизионных зрительных работ под микроскопом (лупой) связаны с риском нарушений зрения, заболеваний опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистых заболеваний, гормональных и иммунных нарушений [11–14]. Для профилактики развития хронического перенапряжения необходима организация режима работы с регламентированными внутрисменными перерывами, применением комплексов упражнений и других лечебно-профилактических мероприятий для снятия общего и зрительного утомления [15–20].



## Заключение

На основании проведённых гигиенических исследований установлено, что приоритетными факторами профессионального риска здоровью работающих в производстве радиоэлектронных компонентов являются: при разработке – нагрузка на зрительный анализатор; при производстве – нагрузка на опорно-двигательный аппарат в сочетании с напряжением зрения.

Несмотря на модернизацию производственного оборудования, значительная доля трудовых операций по сборке, пайке и контролю качества изделий выполняется вручную. При невозможности полной автоматизации технологических процессов на изучаемых предприятиях профилактические мероприятия должны быть направлены на организацию рационального режима работы, который поможет обеспечить снятие напряжения зрения и опорно-двигательного аппарата.

Для разработки мероприятий по управлению риском необходимо провести комплексную оценку профессионального риска здоровью работающих с учётом данных о состоянии здоровья и определением профессиональных и составных групп риска.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература (п.п. 13, 14 см. в References)

1. *Обзорное исследование отрасли «Портрет российской радиоэлектроники», АО «ЦНИИ «Электроника»*, опубликовано 20.12.2017 г.
2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 15.12.2012 г. № 2396-п.
3. Борисов Ю., Калинин С., Немудров В. Роль дизайн-центров микроэлектроники в развитии отечественной электронной промышленности. *Электронные компоненты*. 2008; (10): 17-21.
4. Марков А.С., Трунова И.Г., Пачурин Г.В., Шевченко С.М. Анализ и улучшение условий труда на участке сборки и монтажа микросхем. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016; 11 (6): 1023-7.
5. Патутин В.Н., Артамонова В.Г., Костючек Д.Ф. Труд и здоровье женщин репродуктивного возраста приборостроительной промышленности. Пути профилактики. СПб. 2001;
6. Крупкин Г.Я., Иванова Е.В., Родригес Х.Л. «Воздушный режим зданий с прецизионно-стерильными технологиями». *Медицина труда и промышленная экология*. 2003; (8): 17-21.
7. Федотов А.Е. Чистые помещения. Проблемы. Теория. Практика. М.: АСИНКОМ; 2003. Второе издание.
8. Дубейковская Л.С., Фролова Н.М., Салангина Л.И., Кирьянова М.Н. Труд и здоровье женщин, занятых процессами пайки свинцово-оловянными припоями. Материалы конференции «Здоровье женщин и проблемы безопасности женского труда», СПб, июнь 2003: 93-6.
9. Иньков А.П. Особенности проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха для объектов здравоохранения. *Инженерные системы*. 2002; 4: 24-32.
10. Трофимов В.А., Степанов В.В., Федосеева Н.М., Луговский Г.А. Гигиенические аспекты условий труда в производствах микроэлектронного приборостроения. В кн.: *Вопросы гигиены труда в радиоэлектронной промышленности*. М., 1979: 8-15.
11. Плеханов В.П. Оценка риска хронического перенапряжения пользователей компьютеров в зависимости от возраста и стажа работы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; (5): 58-61.
12. Сорокин Г.А. Утомление и профессиональный риск. СПб, Издательство СПб Политехнического университета. 2008.
13. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Покровская Л.А. Снятие зрительного утомления при зрительно напряженных работах. *Медицина труда и промышленная экология*. 1999; (9): 14-15.
14. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю. Профилактика заболеваний опорно-двигательного аппарата при статических, динамических нагрузках на руки и воздействии локальной вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2004; (12): 41-43.

15. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю., Меркурьева Л.И. О профилактических мероприятиях при работе с компьютером. *Экология человека*. 2005; (10): 61-64.
16. Ушкова М.К., Малькова Н.Ю. Низкоинтенсивное лазерное излучение в профилактике зрительного переутомления. *Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова*. 2007; (4): 58.
17. Малькова Н.Ю., Ушкова И.Н., Сошнев И.В. Восстановление функций зрения при работе с участием зрительного анализатора. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2011; 3 (40): 291-92.
18. Малькова Н.Ю., Журба В.М. Методы и аппаратура для профилактики и лечения производственно обусловленных заболеваний. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; (9): 119-20.

## References

1. Survey Study of the Branch «Portrait of Russian Radio Electronics», JSC «Central Scientific Research Institute “Elektronika”, published 20.12.2017.
2. RF State Program “Development of Electronic and Radio Electronic Industry for 2013-2025 « Approved by № 2396-p. RF Government Executive Order of 15.12.2012.
3. Borisov Yu., Kalin S., Nemudrov V. Role of microelectronics design centers in the development of national radio electronic industry. *Elektronnyye komponenty*. 2008; (10): 17-21.
4. Markov A.S., Trunova I.G., Pachurin G.V., Shevchenko S.M. «Analysis and improvement of working conditions at a micro circuit assembly and wiring site. *Mezhdunarodnyi Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2016; 11 (6): 1023-7;
5. Patutin V.N., Artamonova V.G., Kostyuchek D.F. *Labour and Health of Reproductive Age Women Employed in Instrumentation Manufacturing Industry. Prevention Measures*. SPb. 2001.
6. G.Ya. Krupkin, E.V. Ivanova, Kh.L. Rodrigues. Air regime of precision and sterile technology buildings. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2003; (8): 17-21.
7. Fedotov A.E. *Clean rooms. problems. theory. practice*. M.: Asenmco; 2003. Second edition.
8. Dubeikovskaya L.S., Frolova N.M., Salangina L.I., Kir'yanova M.N. Labour and health of women engaged in lead-tin soldering processes. *Materialy Konferentsii «Women Health and Problems of Female Labour Safety»*, SPb., June 2003: 93-6.
9. In'kov A.P. Features of the design of ventilation and air conditioning systems for health facilities. *Inzhenernye sistemy*. 2002; 4: 24-32.
10. Trofimov V.A., Stepanov V.V., Fedoseeva N.M., Lugovskii G.A. Hygienic aspects of working conditions in microelectronic equipment production. In: *Voprosy Gигиены Trudav Radioelektronnoy Promyshlennosti*. M., 1979: 8-15.
11. Plekhanov V.P. Assessment of chronic overstrain of computer users depending on age and employment duration. *Meditsina Truda i Promyshlennaya ekologiya*. 2018; 5: 58-61.
12. Sorokin G.A. *Fatigue and Occupational Risks*. SPb, Publishing House of Politechnicheskii University. 2008.
13. Ekberg K., Björkqvist B, Malm P, Bjerre-Kiely B, Karlsson M, Axelsson O. Case-control study of risk factors for disease in the neck and shoulder area. *Occup Environ Med*. 1994 Apr; 51(4):262-6.
14. Buckley JP, Hedge A, Yates T, Copeland RJ, Loosemore M, Hamer M, Bradley G, Dunstan DW. The sedentary office: an expert statement on the growing case for change towards better health and productivity. *Br J Sports Med*. 2015. Nov; 49 (21):1357-62. doi: 10.1136/bjsports-2015-094618. Epub 2015 Jun 1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26034192>.
15. Ushkova I.N., Mal'kova N.Yu., Pokrovskaja L.A. Removal of eye fatigue during visual-intensive work. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 1999; (9): 14-15.
16. Ushkova I.N., Malkova N.Yu. Prevention of musculoskeletal system diseases under static and dynamic hand loads and local vibration exposure. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2004; (12): 41-43.
17. Ushkova I.N., Malkova N.Yu., Merkur'yeva L.I. About preventive measures at work with the computer. *EHkologiya cheloveka*. 2005; (10): 61-64.
18. Ushkova I.N., Malkova N.Yu. Low-intensity laser radiation in the prevention of visual fatigue. *Vestnik Sankt-Peterburgskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii im. I.I. Mechnikova*. 2007; 4: 58.
19. Malkova N. Ju., Ushkova I.N., Soshnev I.V. Restoration of functions of sight at work with participation of the visual analyzer. *Profilakticheskaya i klinicheskaya medicina*. 2011. 3 (40): 291-292.
20. Mal'kova N.Y., Zhurba V.M. T. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2017; 9: 119-120.