

А.В. Сидоров (Украина)
(Национальный авиационный университет, г. Киев;
e-mail: sidorovav@ukr.net)

МИНИМИЗАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ С ПЕРСОНАЛЬНЫМИ КОМПЬЮТЕРАМИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ЛЁГКИХ АЭРОИОНОВ

Представлены результаты исследований влияния электростатических полей на рабочих местах с персональными компьютерами на концентрацию легких аэроионов. Установлено деионизирующее воздействие электростатических полей. Разработан комплекс мероприятий по минимизации уровней электростатических полей для поддержания концентрации легких аэроионов на минимально необходимом уровне. Представлены результаты экспериментов по нормализации концентраций легких аэроионов при минимизации уровней электростатических полей.

Ключевые слова: легкие аэроионы, персональный компьютер, электростатическое поле, деионизация воздуха, оператор персонального компьютера.

A.V. Sidorov (Ukraine) **MINIMIZATION OF ELECTROSTATIC FIELDS INFLUENCE ON WORKPLACES WITH PERSONAL COMPUTERS ON LIGHT AIR IONS CONCENTRATION**

The results of study of electrostatic field impact on light air ions concentration at workplaces with computers have been presented. The deionizing impact of electrostatic fields has been detected. The complex of measures for electrostatic fields level minimization aimed on support the light air ions concentration on minimal required level has been developed. The experiment results of light air ions concentration normalization through electrostatic field levels minimization have been given.

Key words: light air ions, personal computer, electrostatic field, deionization of air, operator of personal computer.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 3 января 2014 г.

Введение

Концентрация *лёгких аэроионов (ЛАИ)* является важным фактором влияния на человека, что подтверждено результатами исследований учёных-гигиенистов (Чижевский А.А., Минх А.А., Павлов С.П., Шандала М.Г., Губернский Ю.Д., Гольдштейн Н.И., Гуськов А.С., Krueger A.P., Hawkins L.H., Nakane H.). Результаты данных исследований отображены в Государственном нормативном акте по охране труда (ГНАОТ 0.03-3.06-80/ГН 2152-80) "Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений" [1], согласно которому в Украине нормируется содержание ЛАИ в воздухе. В отличие от Российской Федерации и Республики Беларусь, в Украине не обновлялись санитарные нормы по допустимым уровням ионизации воздуха, и указанный нормативный акт является неизменённым советскими санитарными нормами СН 2152-80.

Согласно ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 "Гигиеническая классификация труда по показателям вредности и опасности факторов производственного помещения, тяжести и напряжённости трудового процесса" (Украина) [2], если концентрация ЛАИ ниже, чем минимально необходимый уровень или выше чем максимально допустимый уровень, то условия труда относят к классу вредных условий труда.

Использование *персональных компьютеров (ПК)* в производственных процессах привело к тому, что на пользователя персонального компьютера влияет комплекс факторов, специфика которых определяется наличием персонального компьютера. Результаты исследований, посвященных оценке уровней факторов среды и, в частности, концентрации ЛАИ на рабочих местах с ПК, показывают, что концентрация ЛАИ в зоне дыхания операторов компьютеров ниже, чем минимально необходимый нормативный уровень.

Часть работ указывают как возможную причину деионизации воздуха *электростатические поля (ЭСП)* мониторов, но без обоснования, что именно этот фактор вызвал деионизацию воздуха, другая же часть работ только приводит данные измерений без анализа факторов, которые привели к низким концентрациям ЛАИ. Следовательно, можно констатировать, что без ответа остаются вопросы весомости вклада ЭСП в деионизацию воздуха на рабочих местах с компьютерами и возможности минимизации деионирующего действия ЭСП.

Целями проведённых авторами исследований были определение действия ЭСП на концентрацию ЛАИ и разработка мероприятия по минимизации этого воздействия.

Проведение исследований

Измерение концентраций ЛАИ производилось с использованием счётчика аэроионов "Сапфир-3к" и счётчика аэроионов МАС-01. Для трёх помещений были проведены измерения фоновой концентрации ЛАИ и мощности экспозиционной дозы. Сравнение расчётной концентрации лёгких аэроионов (полученной при использовании известной математической модели [3]) с измеренной концентрацией показало, что ошибка измерений не превышала 20 % для всех трёх помещений. Сравнение результатов, полученных счетчиком "Сапфир-3к", с результатами параллельных измерений счетчиком МАС-01 показало, что расхождение между результатами не превышает 12 %.

Измерение напряженности ЭСП проводили с использованием измерителя электростатических зарядов "ИЭЗ-П" на расстоянии 1 см от источника поля. Показатели микроклимата находились в нормативных диапазонах и не изменялись во время проведения измерений, поэтому исследования проводились с предположением, что воздействие указанных параметров на концентрации ЛАИ было сведено к минимуму и поэтому не требует учёта. При анализе дан-

ных, которые получены в результате измерений, была проведена проверка на наличие промахов и на нормальность распределения полученных данных. Также для каждого массива данных, соответствовавшего каждому этапу экспериментов, был рассчитан коэффициент вариации [4]. Длительность каждого этапа эксперимента составляла 30 мин., в течение которых измерения проводились сериями по 2 мин. непрерывных измерений через каждые две минуты, кроме этапов работы оператора на ПК, при которых измерения начинали проводить через полчаса после начала его работы и состояли они из серий 2-минутных непрерывных измерений, проводимых каждые 10 мин. на протяжении полтора часа. Все эксперименты проводились с двукратной повторяемостью. Во всех 3-х помещениях при проведении измерений системы искусственной вентиляции и кондиционирования были выключены, и воздух поступал в помещения в результате инфильтрации. Измерения проводились в августе-сентябре 2013 г. в трёх помещениях с ПК.

Помещение № 1, размерами 8×9×3,5 м, размещено на 6-м этаже. Измерения проводились при отсутствии людей в нерабочие дни. Измерения производились в зоне дыхания оператора ПК (ПК – ноутбук). Сеть электропитания не была заземлена, поэтому на поверхности оборудования, которое было подключено к сети, возникали ЭСП значительной напряженности. Суть экспериментов (рис. 1 и 2) состояла в измерении концентрации ЛАИ при разных уровнях напряженности ЭСП на рабочем месте с ПК. Для этого сначала проводили измерения при полностью выключенном оборудовании, а затем последовательно повышали уровни напряженности ЭСП в помещении путем подключения оборудования (ноутбук на рабочем месте, ПК с ЭЛТ-монитором и многофункциональное устройство на расстоянии 3 м от исследуемого рабочего места) и добавления фактора оператора, который при работе создавал трибоэлектрические ЭСП. В этом эксперименте и последующих знак заряда на электрооборудовании был положительным, а на стуле оператора – отрицательным.

Помещение № 2 с двумя комнатами, размерами 6×10×3,5 м и 4×6× 3,5 м, размещено на 5-м этаже. В помещении были установлены обычные стационарные ПК с **жидкокристаллическими (ЖК)** экранами, которые были подключены к заземленной электросети. Измерения происходили на высоте 50 см и 100 см над поверхностью пола. В одной комнате пол был покрыт ковровым покрытием на ворсовой основе, в другой – пол был покрыт линолеумом.

Эксперименты (рис. 3 и 4) проводили на протяжении двух рабочих и двух выходных дней. Так как ПК были подключены к заземлённой электросети, напряжённость ЭСП на ЖК-мониторе и системном блоке была ниже порога чувствительности прибора. В то же время, напряжённость ЭСП на ковровом покрытии составляла до 100 кВ/м, на линолеуме – около 10 кВ/м (заряд поля – отрицательный).

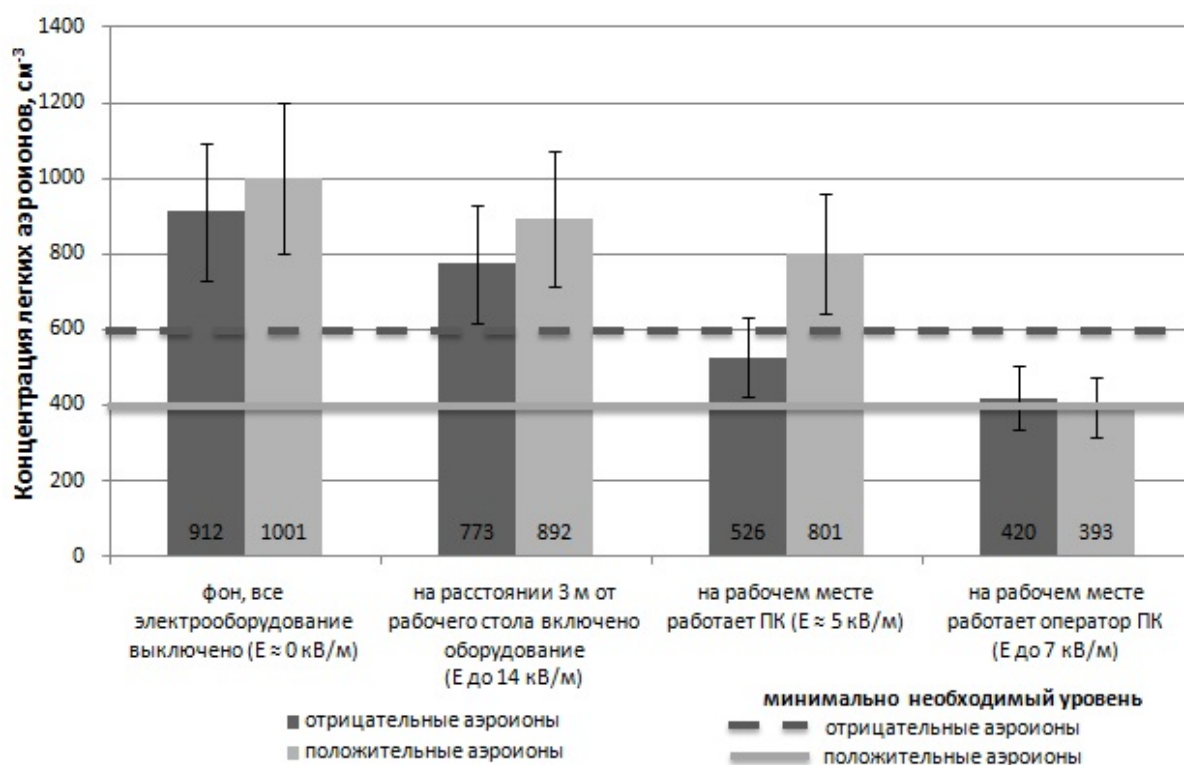


Рис. 1. Результаты 1-го эксперимента в помещении № 1 (здесь и далее E – напряжённость ЭСП)

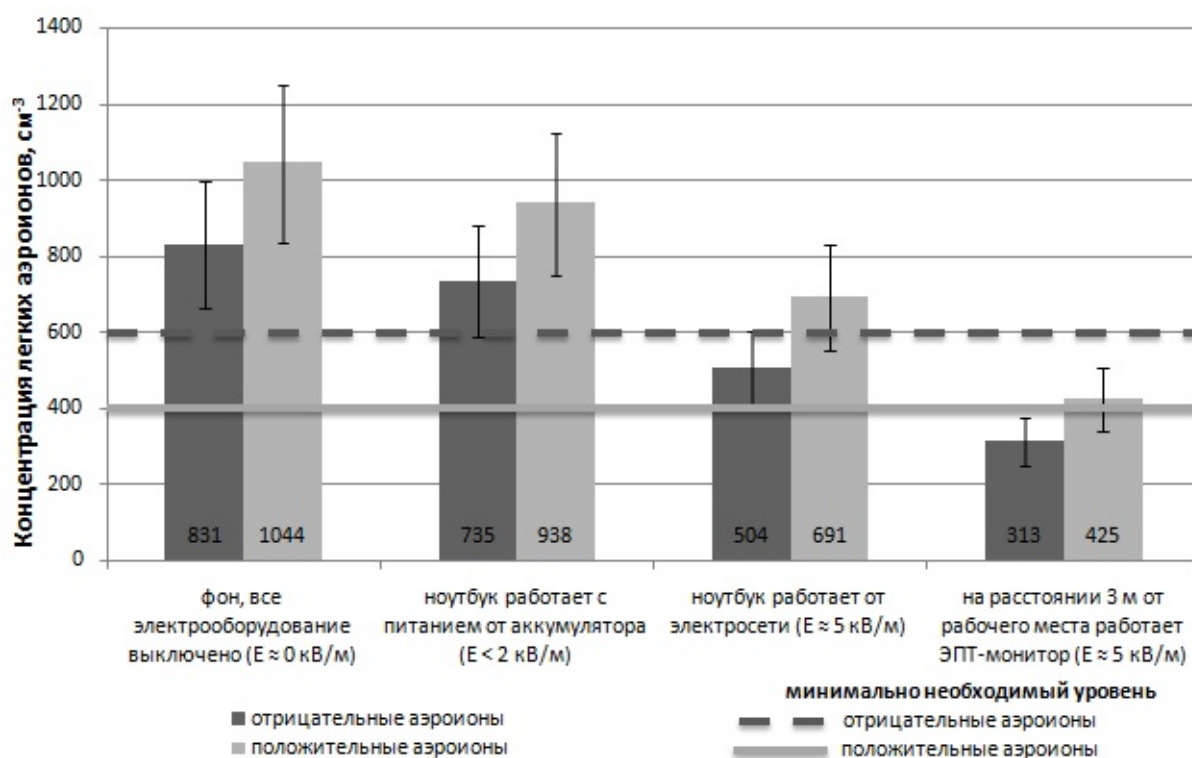


Рис. 2. Результаты 2-го эксперимента в помещении № 1

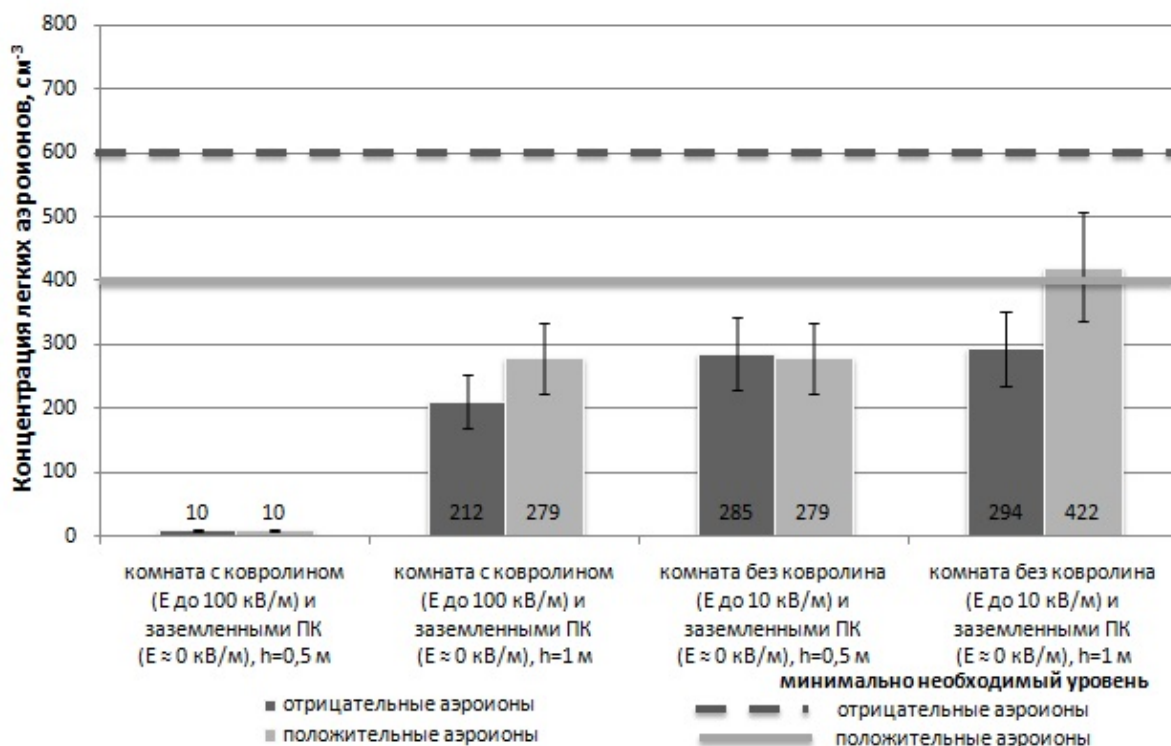


Рис. 3. Результаты измерений в рабочие дни в помещении № 2

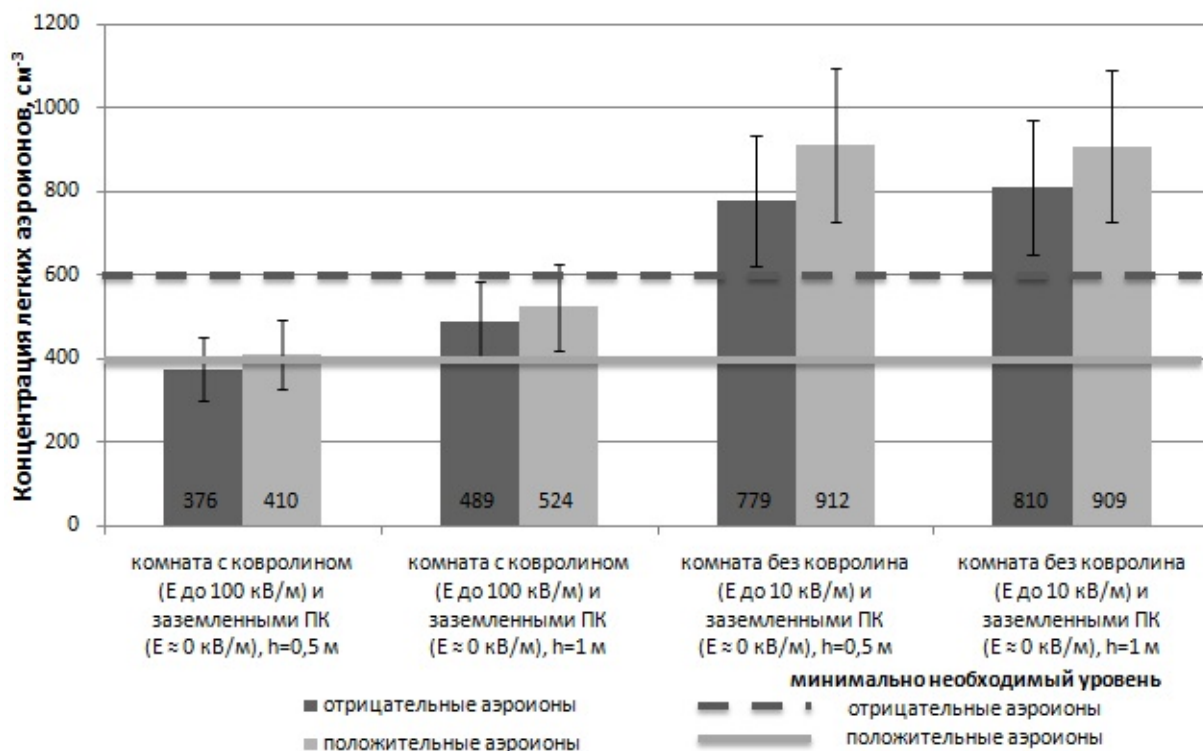


Рис. 4. Результаты измерений в выходные дни в помещении № 2

Помещение № 3, размерами $4 \times 5 \times 3,5$ м, размещено на 1-м этаже. В помещении был установлен обычный ПК с ЖК-монитором, подключенный к незаземленной электросети. Измерения проводились в зоне дыхания оператора ПК. Пол в помещении был покрыт ковровым покрытием на ворсовой основе. При проведении эксперимента (рис. 5) измеряли концентрации ЛАИ при выключенном электрооборудовании, при работе ПК без оператора и при работе оператора на ПК.

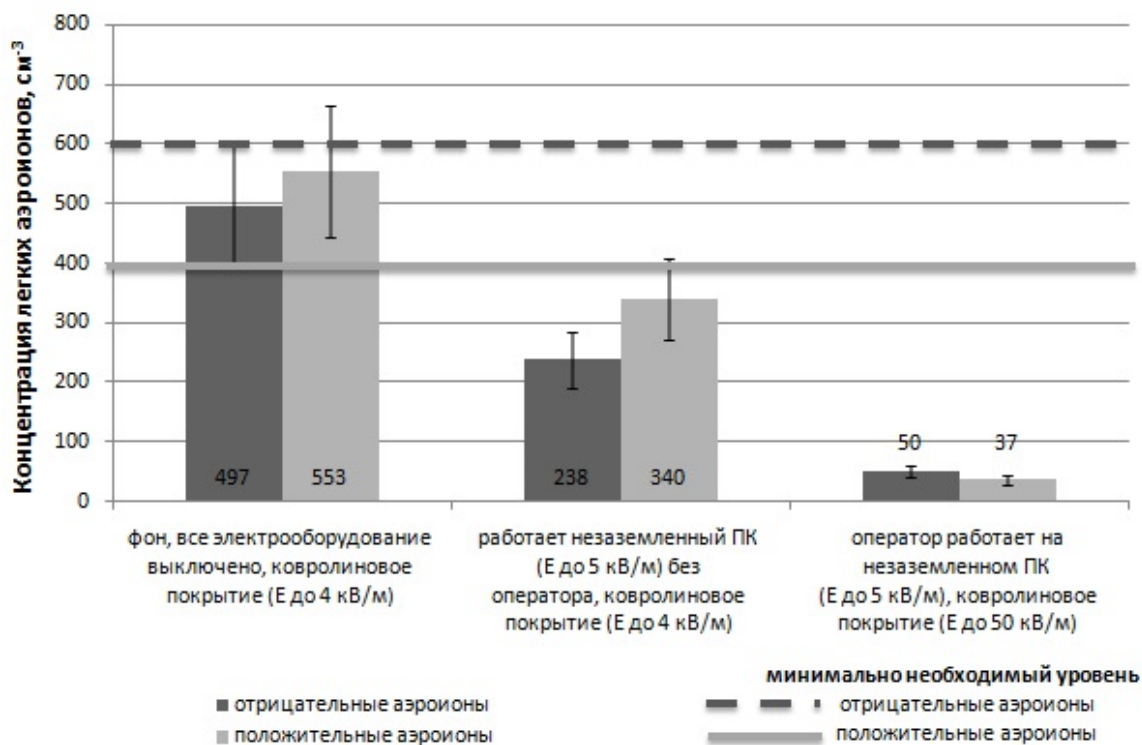


Рис. 5. Результаты эксперимента в помещении № 3

В результате проведенных экспериментов, было установлено, что определяющим фактором деионизации воздуха в помещении с ПК являются ЭСП, которые создаются незаземленным электрическим оборудованием и в результате трибоэлектрического заряжения на поверхности пола и на одежде и стуле оператора.

Минимизация ЭСП на незаземленном электрооборудовании состоит в заземлении (занулении) электросети, к которой подключено электрооборудование, как это требуется в Правилах охраны труда при эксплуатации ЭВМ [5]. Более сложной задачей является минимизация ЭСП, которые возникают в результате трибоэлектрического заряжения. Известно, что напряженность ЭСП напрямую зависит от разнородности материалов, между которыми происходит процесс трения [6]. Из этого следует, что самым простым мероприятием минимизации таких полей является упреждение ситуаций, когда трение происходит между разнородными материалами, которые размещены далеко один от другого в трибоэлектрической серии.

С учётом сказанного выше, был разработан комплекс мероприятий, направленный на минимизацию уровней ЭСП и поддержку концентрации ЛАИ на минимально необходимом нормативном уровне:

- контроль за соблюдением параметров воздушной среды и отведением соответствующего объёма помещения на рабочее место с ПК в соответствии с [5];
- ежедневная влажная уборка помещений согласно [7], особое внимание уделяя поверхностям электрооборудования, на которых в большей мере оседает пыль вследствие его электрического заряжения;
- линии электросети в помещениях с ПК должны быть заземлены (занулены) согласно [5];
- применять элементы систем ЭСР-управления в случае возможности применения или технологической необходимости;
- минимизировать на рабочем месте контакт и трение материалов, которые находятся на разных позициях в трибоэлектрической серии (использование накидок, чехлов из материалов, родственных или подобных материалу одежды оператора);
- ограничивать площадь источников ЭСП, которая активно действует на ЛАИ (выбор соответствующего положения тела при работе, содержание верхней одежды в шкафу);
- избегать ношения одежды, которая имеет сильную электризующую способность, и в случае ношения снижать уровень напряжённости её ЭСП путём использования антистатических агентов или проведением соответствующих манипуляций с одеждой;
- не использовать ковровые и ковровиновые покрытия в помещениях с ПК.

Эксперименты по минимизации уровней напряженности ЭСП и поддержания концентрации ЛАИ на минимально необходимом уровне. Эксперименты для подтверждения эффективности разработанного комплекса мероприятий по нормализации концентраций ЛАИ проводили в помещениях № 1 и № 3. В период проведения измерений каждый день проводилась влажная уборка помещений. В обоих помещениях при работе оператора на его стуле была накидка из хлопка (1-й день измерений) и накидка из вискозы и полиэстера (2-й день измерений), так как одежда оператора в эти же дни была из тех же материалов. В обоих случаях отсутствовало ковровое или ковровиновое покрытие и напряженность ЭСП пола была значительно ниже, чем 2 кВ/м .

При проведении эксперимента в помещении № 1 (рис. 6) измеряли концентрации ЛАИ при выключенном электрооборудовании, при работе ноутбука от аккумуляторной батареи, при работе оператора на ноутбуке и при работе на расстоянии 3 м стационарного ПК с ЭЛТ-монитором, огражденного от исследуемого рабочего места бумажным экраном.

Эксперимент в помещении № 3 (рис. 7) состоял из измерений концентрации ЛАИ при выключенном электрооборудовании, при работе ПК, подключённого к заземленной электросети, без оператора и при работе оператора на ПК.

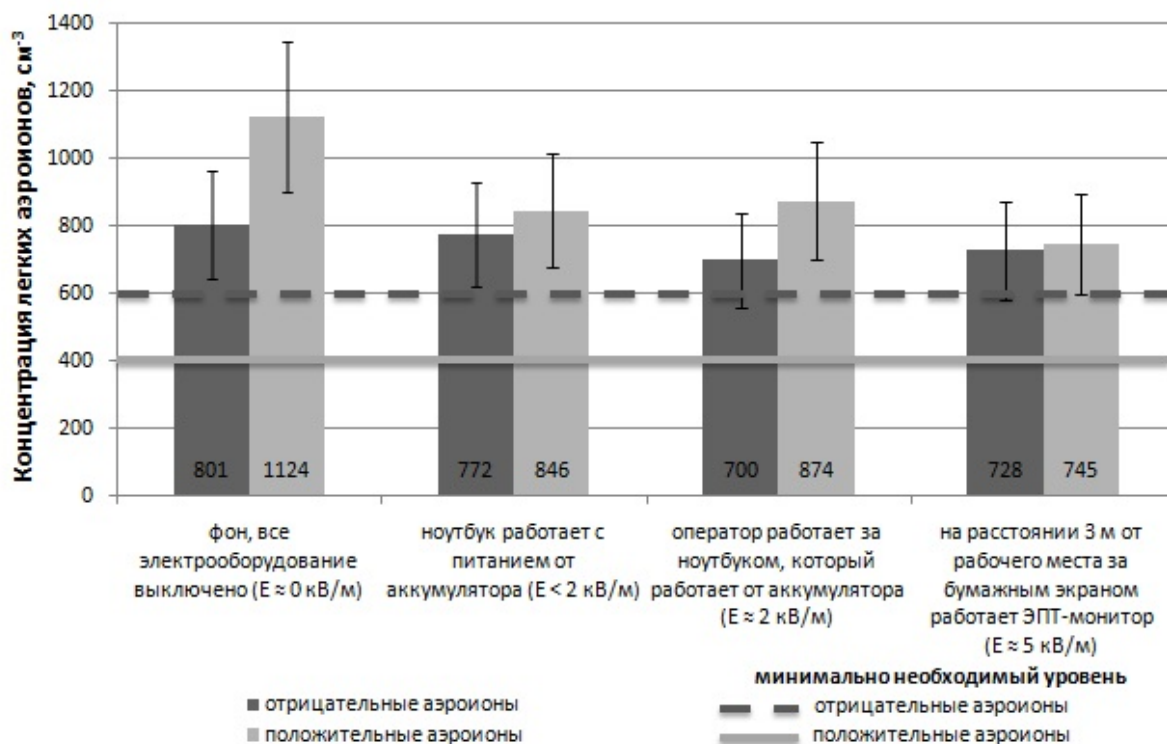


Рис. 6. Результаты эксперимента в помещении № 1

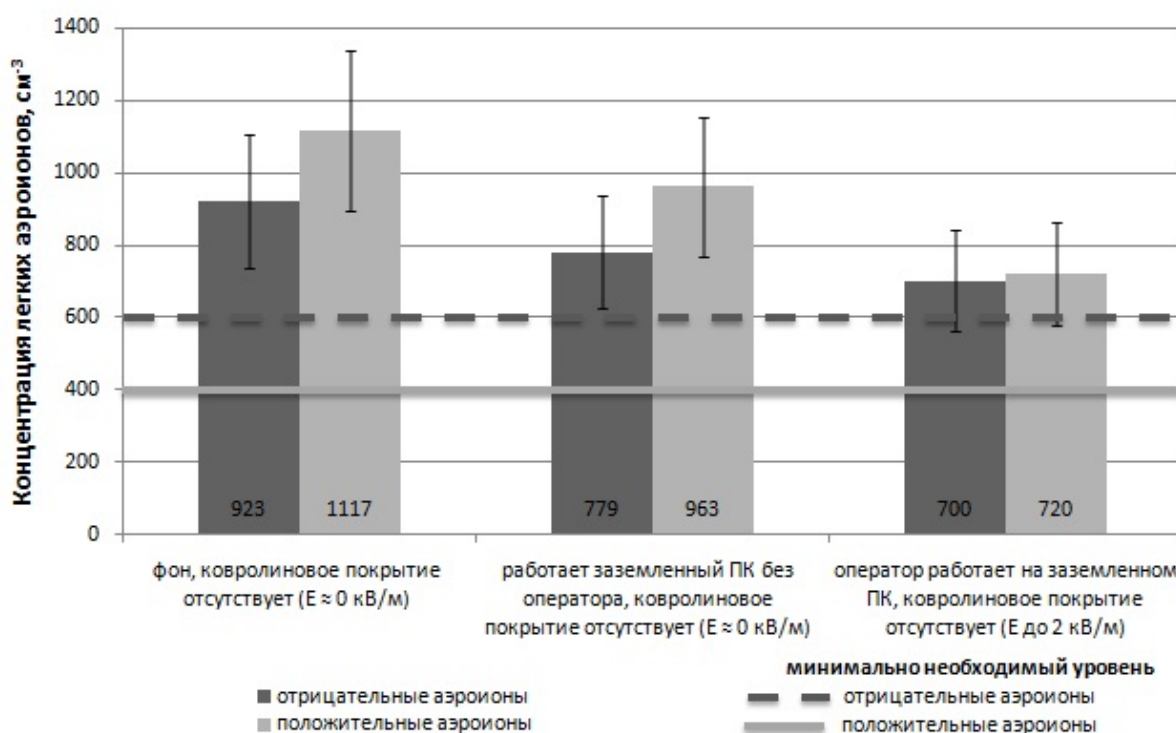


Рис. 7. Результаты эксперимента в помещении № 3

Для проверки эффективности применения разработанного комплекса мер в помещениях № 1 и № 3 в течение двух недель, каждый рабочий день трижды в сутки проводили измерения концентрации ЛАИ в зоне дыхания оператора ПК. Измеренные концентрации колебались в диапазоне $700-900 \text{ см}^{-3}$ и не снижались ниже минимально необходимого нормативного уровня. Для определения функционального психоэмоционального состояния операторов ПК был проведен их опрос по тесту САН (самочувствие, активность, настроение) [8] до применения мер и после. Результаты теста улучшились после внедрения мероприятий с 13,5 до 14,5 для оператора в помещении № 1 и с 13,7 до 14,3 для оператора в помещении № 3.

Обсуждение результатов и выводы

Проверка на нормальность распределения и на наличие промахов показала, что в результате измерений были получены значения нормально распределенной величины, которые можно использовать в научном исследовании. Рассчитанный коэффициент вариации не превышал 30 % на всех этапах, что говорит про однородность полученных данных [4].

Измерения напряженности ЭСП показали, что электрооборудование является источником ЭСП только в случае его подключения к незаземленной электросети, в то же время наиболее сильными являются ЭСП, которые возникают в результате трибоэлектрического заряжения, напряженность которых может достигать 100 кВ/м .

Разработанный комплекс мер по снижению уровней напряженности ЭСП на рабочих местах с ПК позволяет снизить их до 4 кВ/м и ниже, что позволяет поддерживать концентрацию ЛАИ на минимально необходимом нормативном уровне.

В результате проведённых исследований были сделаны следующие выводы:

1. При отсутствии влияния деионизирующих факторов концентрации ЛАИ в помещении соответствуют минимально необходимому уровню, установленному ГНАОТ 0.03-3.06-80 [1], а значит, для нормализации концентраций ЛАИ достаточно лишь минимизировать влияние факторов деионизации, не применяя при этом специальное аэроионизирующее оборудование.

2. Несмотря на непревышение допустимых уровней напряжённости (20 кВ/м), ЭСП существенно снижают концентрацию ЛАИ. Результаты исследований показывают, что ЭСП являются главным фактором деионизации воздуха в помещениях с ПК, при условии соблюдения нормативных требований [5, 7] касательно параметров микроклимата и объёма помещения на одно рабочее место с ПК.

3. Минимизацию уровней ЭСП на электрооборудовании следует осуществлять посредством заземления электросети, к которой подключено оборудование. Минимизация уровней ЭСП, которые возникают в результате трибо-

электрического заряжения, состоит в максимально возможном исключении ситуаций контакта материалов разнородных и размещённых в трибоэлектрической серии далеко один от другого и в ограничении площади таких источников ЭСП.

4. Применение разработанного комплекса мер по нормализации концентраций ЛАИ, направленного, прежде всего, на минимизацию воздействия ЭСП трибоэлектрического происхождения, позволяет нормализовать концентрации ЛАИ и поддерживать их на минимально необходимом уровне.

Литература

1. **ГНАОТ** 0.03-3.06-80. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений № 2152-80. <http://document.ua>.
2. **ГН** 3.3.5-8-6.6.1-2002. Гигиеническая классификация труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса. <http://zakon.nau.ua>.
3. **Шилкин А.А., Губернский Ю.Д., Миронов А.М.** Аэроионный режим в гражданских зданиях. М.: Стройиздат, 1988. 168 с.
4. **Квеско Н.Г., Чубик П.С.** Методы и средства исследований: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 112 с.
5. **НПАОТ** 0.00-1.28-10. Правила охраны труда во время эксплуатации электронно-вычислительных машин. <http://document.ua>.
6. **Welker R.W., Nagarajan R., Newberg C.E.** Contamination and ESD control in high-technology manufacturing. USA: IEEE Press. 498 p.
7. **ДСанПиН** 3.3.2.007-98. Государственные санитарные правила и нормы работы с визуальными дисплейными терминалами электронно-вычислительных машин. <http://document.ua>.
8. **Бурлачук Л.Ф., Морозов С.М.** Словарь-справочник по психодиагностике. С.-Пб.: Питер Ком, 1999. С. 297.