

СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО КАК ГИГИЕНИЧЕСКИЙ ФАКТОР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Канд. мед. наук *К. И. Станкевич*, доктор мед. наук *В. П. Безуглый*,
канд. хим. наук *В. А. Цендровская*, канд. мед. наук *Л. М. Каскевич*,
О. В. Костюк, *С. С. Нудельман*, *В. А. Чигиринский*

Всесоюзный научно-исследовательский институт гигиены и токсикологии пестицидов, полимерных и пластических масс, Киев

В соответствии с современными представлениями под статическим электричеством подразумевается совокупность явлений, связанных с возникновением электрических зарядов на поверхности диэлектриков или изолированных проводящих тел и различным их проявлением.

В настоящее время еще нет единой теории, объясняющей статическую электризацию, а существует ряд гипотез. Наибольшее распространение имеет гипотеза контактной электризации вещества, согласно которой при соприкосновении 2 различных веществ происходит перераспределение электронов или ионов веществ и образование двойного электрического слоя с противоположными знаками.

Интерес к статическому электричеству проявился в последние годы благодаря широкому применению в различных отраслях техники и быта новых синтетических полимеров. Исключительно большую «ответственность» несут в себе полимерные материалы, используемые в экологически замкнутых системах. Это объясняется тем, что изделия из полимеров (мебель, покрытия пола, одежда и т. д.) обладают высокими диэлектрическими свойствами и вследствие чего способны накапливать на своей поверхности заряды значительной величины (*В. М. Орловский*, и др.). Наблюдения показали, что люди, подвергающиеся действию статического электричества, жалуются на ухудшение общего самочувствия, головную боль, плохой сон, боли в области сердца (*Н. С. Смирницкий*; *К. И. Станкевич* и *В. А. Цендровская*).

При перемещении человека по полам или же контакте с оборудованием, обладающим высокими диэлектрическими свойствами, на поверхности его тела или одежды может возникнуть разряд до нескольких десятков киловольт. При контакте заряженного человека с заземленными конструкциями возникает искровой разряд, энергии которого вполне достаточно, чтобы вызвать взрыв и пожар ряда взрывчатых веществ, а также паро- и газозо-душных смесей. Не удивительно, что в США каждый день примерно на 100 промышленных предприятиях вспыхивают пожары из-за искровых разрядов, а ущерб за год достигает до 100 млн. долларов и гибель более 2000 человек.

К числу первых гигиенических работ, посвященных статическому электричеству, относятся исследования *Н. С. Смирницкого*. Им установлено, что уровень электризуемости колеблется в широких пределах в зависимости от влажности воздушной среды, а ее действие на организм — от индивидуальной чувствительности человека.

Нами были проведены гигиенические исследования статического электричества в 2 основных направлениях — определялись уровни электризуемости и закономерность его накопления на строительных полимерных материалах, а также изучалось биологическое действие статического электричества на организм человека. Для определения электризуемости полимерных материалов в моделируемых условиях нами была создана установка (*К. И. Станкевич* и *В. А. Цендровская*), позволяющая регулировать различную нагрузку, скорость трения и проводить исследования при различных параметрах влажности воздуха. Замеры статического электричества в натурных условиях проводились с помощью киловольтметров различной

чувствительности и специально сконструированного нами зонда. Такого рода исследования могут быть выполнены также приборами завода «Текстильмашприбор» системы Центрального научно-исследовательского института шелка и Всесоюзного научно-исследовательского института охраны труда.

В моделируемых условиях были изучены основные виды строительных полимерных материалов, применяемых в строительстве жилых и общественных зданий. Исследования позволили установить, что на уровень электризуемости полимерных материалов основное влияние оказывают количество связующего наполнителя и его химическая структура. Наибольшей электризацией обладают поливинилхлоридные покрытия полов и пленки, причем большей электризуемостью — материалы на суспензионной смоле, меньшей — на латексной. Замена одного вида наполнителя другим не оказывает существенного влияния на величину поверхностного заряда. Величина поверхностного заряда существенно воздействует на уровень выделения вредных веществ из полимерных материалов. Установлено, что электризуемость полимерных материалов способствует также увеличению выделения ими вредных веществ во внешнюю среду примерно на 10—15 %, что может сказаться на их токсическом эффекте. Это весьма важно, если речь идет о выделении вредных веществ выше их допустимых уровней, утвержденных Министерством здравоохранения СССР.

Оказалось, что понижение влажности воздуха на 10 % увеличивает в среднем величину заряда на полимерном материале примерно в 2—3 раза. При относительной влажности окружающей среды 80—85 % статическое электричество практически не регистрируется. Кроме того, после однократного смачивания и сушки образцов в течение 15 мин. величина зарядов на их поверхности уменьшается в 2—3 раза, а после многократного смачивания и сушки в течение 10 суток — в 10—12 раз.

Наряду с этим изучено электрическое сопротивление образцов. Оно значительно уменьшается после смачивания. В результате многократного смачивания образцов происходит уменьшение их поверхностного электрического сопротивления, а следовательно, и способности этих материалов к накоплению на своей поверхности статического электричества. Именно этим объясняется тот факт, что при эксплуатации полимерные материалы, имеющие в своем составе гидрофобные наполнители, очень быстро теряют способность к электризации.

Исследования показали, что между количеством электричества, накапливаемого на пластмассах, и влажностью воздуха существует прямолинейная зависимость.

$$q = k + A \cdot B \text{ (в кулонах),}$$

где q — удельный заряд; B — относительная влажность; k и A — коэффициенты, зависящие от вида материала.

Это уравнение может быть применено для определения ориентировочных величин зарядов, возникающих на пластмассах в натуральных условиях.

Исследования электризуемости покрытий пола из полимерных материалов в натуральных условиях разных климатических зон СССР показали, что величина заряда статического электричества колеблется в основном в пределах 300—500 в/см . Иногда она достигает 1500—2000 в/см при низкой влажности воздуха (20—25 %) в основном на импортных пластиках, где содержание связующего наполнителя составляет около 50 % всей массы материала. Мнение, что в условиях Заполярья, а также Казахстана, где относительная влажность атмосферного воздуха составляет 10—20 %, электризуемость покрытий пола из полимерных материалов достигает десятков киловольт, не оправдалось. Да это и понятно, так как разница в относительной влажности воздуха бывает в основном в открытой атмосфере, а не внутри помещения, где она нивелируется во всех климатических зонах.

Исследования электризуемости на предприятиях текстильной промышленности, изготавливающих синтетические материалы, показали, что ве-

личина заряда статического электричества на технологическом оборудовании достигает 15—30 кВ в аппретурном и печатном цехах и около 1,5 кВ — на теле рабочих. В пределах 1 кВ накапливается статическое электричество на оборудовании в сновальном цехе. В то же время на теле рабочих в этом цехе статическое электрическое поле (СЭП) не регистрируется. Примерно в тех же пределах определялись величины статического электричества на технологической линии трикотажной фабрики. Наибольшие уровни статического электричества отмечались на ворсальной машине, в частности при изготовлении хлопчатобумажных изделий (до 20—30 кВ), полушерстяных (до 20 кВ), шелковых с вискозой (до 30 кВ), капроновых (до 40 кВ).

Электризуемость рабочих на различных этапах технологической линии составляла: при работе на ворсальной машине — 0,5—2 кВ в зависимости от вида ткани, на стригальной машине — 1,5—3 кВ. В основовязальном цехе и на других участках электризации не наблюдалось. Четкие закономерности электризуемости покрытий пола из поливинилхлоридного линолеума и рабочих выявлены на междугородной телефонной станции. Установлено, что при относительной влажности воздуха 50% и температуре $20 \pm 3^\circ$ наблюдается стабильное поле статического электричества, величина которого зависит от наличия и характера аппаратуры. В помещениях с паркетными полами напряженность поля у поверхности пола и на коже рабочих не превышает 500 в/см. В то же время в помещениях, насыщенных большим количеством аппаратуры, на поверхности пола, покрытого поливинилхлоридным линолеумом, величина заряда достигает нескольких десятков киловольт. При хождении по этим полам служащие получают заряд до 10 кВ и более.

Как на фабриках, так и в цехах междугородной телефонной станции заряд, получаемый рабочими, достигает нескольких десятков киловольт; соприкасаясь с заземленными предметами, они отмечают искровые разряды.

Клинически нами обследованы 83 человека (36 мужчин и 47 женщин), работающих на междугородной телефонной станции (в цехах с воздействием статического электричества). В возрасте до 20 лет было 8 человек, от 21 года до 30 лет — 31, от 31 года до 40 лет — 17, от 41 года до 50 лет — 19 и старше 50 лет — 8 человек. Стаж работы по данной профессии у 59 (71%) обследованных превышал 5 лет (6—25 лет).

Нарушение самочувствия у них характеризовалось жалобами на головную боль (29 человек), повышенную раздражительность (31), нарушение сна (23), боли в области сердца, преимущественно колющего характера (28) и повышенную утомляемость (14). Подавляющее большинство обследованных отмечали появление или усугубление ряда этих состояний к концу рабочей смены. При клиническом обследовании мы наиболее часто (у 71%) наблюдали патологию со стороны нервной системы, которая была представлена функциональными нарушениями. Так вегетативно-сосудистая дистония выявлена у 12 человек, астено-вегетативный синдром — у 36, вегетативно-сенсорный полиневрит — у 11. Эти изменения были преимущественно у лиц со стажем работы свыше 5 лет. Патология сердечно-сосудистой системы обнаружена у 44,5% обследованных (гипертоническая болезнь I стадии у 2 человек, IIa стадии — у 8, миокардиодистрофия — у 12, аортокоронаромиокардиосклероз — у 8, хроническая коронарная недостаточность — у 8).

При исследовании пищеварительной системы обнаружены изменения в желчных путях (у 22,1% наблюдаемых — хронические холециститы и холецистоангиохолиты, часто с дискинетическими расстройствами); у 3 человек установлена язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки. В морфологическом составе периферической крови отмечалась тенденция к лейкопении (у 24 из 49 обследованных), а у 2 человек — явная лейкопения (менее 4000 лейкоцитов в 1 мм^3). Такие показатели, как удельный вес плазмы крови и цельной крови, уровень общего белка находились в пределах нор-

мы, гематокрит у 100% обследованных был снижен (от 35 до 27%) по сравнению с нормой (45%) и в среднем составлял 31%.

Экспериментальные исследования действия статического электричества на животных на уровне 1800, 1100, 500, 300 и 150 в/см показали, что величина СЭП 300 в/см является пороговой, а 150 в/см — подпороговой, на что указывает комплекс биохимических и физиологических сдвигов в организме — в системе ферментов (сукцинатдегидрогеназе и пероксидазе), крови (количестве эритроцитов и содержании гемоглобина) и центральной нервной системе (суммации подпороговых импульсов и хронаксии мышечных антагонистов). Статистически достоверные сдвиги по всем названным показателям выявлялись при величине СЭП 300 в/см и выше и не отмечались на уровне 150 в/см.

В ы в о д ы

1. Уровень электризуемости полимерных материалов зависит от химической структуры связующего наполнителя и влажности воздушной среды.

2. Между величиной заряда статического электричества, накапливаемого на пластмассах, применяемых в качестве покрытий пола, и влажностью воздуха существует прямолинейная зависимость.

3. Статическое электричество, генерируемое на пластмассах, способствует более интенсивному выделению из них вредных веществ в окружающую среду.

4. У лиц, подвергающихся действию статического электричества, наиболее часто наблюдаются функциональные изменения нервной (71%) и сердечно-сосудистой систем (44%).

5. Величина СЭП 300 в/см вызывает у экспериментальных животных ряд статистически достоверных сдвигов ферментной системы, системы крови и центральной нервной системы и является пороговой, а величина 150 в/см — подпороговой. Величина СЭП 150 в/см может быть регламентирована как максимальная недействующая на организм.

6. На предприятиях, где отмечается воздействие статического электричества на рабочих, необходимо периодически проводить специальные профилактические осмотры с клиническими обследованиями.

7. Следует провести специальные работы по установлению механизма действия на человека статического электричества и мероприятий по его снижению и полному снятию.

ЛИТЕРАТУРА. Орловский В. М. В кн.: Материалы 10-й научно-практической конференции молодых гигиенистов и санитарных врачей. М., 1965, с. 159. — Смирницкий Н. С. В кн.: Токсикология и гигиена высокомолекулярных соединений и хим. сырья, используемого для их синтеза. М.—Л., 1966, с. 134. — Станкевич К. И., Цендровская В. А. Пластические массы, 1970, № 6, с. 65.

Поступила 19/VII 1971 г.

STATIC ELECTRICITY AS A HYGIENIC FACTOR IN THE USE OF POLYMERIC BUILDING MATERIALS

K. I. Stankevich, V. P. Bezuglyi, V. A. Tsendrovskaya, L. M. Kaskevich, O. V. Kostyuk, S. S. Nudelman, V. A. Chigirinsky

Clinical examination showed the action of static electricity to be often accompanied by functional changes of the nervous (71%) and cardiovascular (44%) systems. The threshold value of the action of static electricity on animals comprises 300 w/cm and a value of 150 w/cm is subthreshold. Besides, static electricity provides a more active emission of noxious substances by polymeric materials and accumulation of a large amount of dust containing microbes on their surfaces.