

Л. Н. Бадретдинова

L. N. Badretdinova

Panabadretdinova@yandex.ru

С. В. Анахов

S. V. Anakhov

sergej.anahov@rsvpu.ru

ФГАОУ ВО «Российский государственный

профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург

Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg

**О СОБЛЮДЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ В ЦЕНТРЕ СВАРОЧНЫХ И
ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РГППУ
ON THE COMPLIANCE WITH SAFETY STANDARDS IN THE RSVPU
CENTER OF WELDING AND PLASMA TECHNOLOGIES**

Аннотация. Рассмотрен комплекс нормативных ограничений, обеспечивающих условия безопасной работы при проведении сварочных и плазменных работ. Представлены результаты исследования по ряду факторов безопасности – акустическому, электромагнитному, видимому и ультрафиолетовому излучению – в учебно-исследовательском Центре сварочных и плазменных технологий РГППУ. Сформулированы рекомендации по снижению уровня их негативного воздействия в процессе научно-образовательной деятельности Центра.

Abstract. A set of regulatory restrictions ensuring safe working conditions during welding and plasma work is considered. A number of safety factors – acoustic, electromagnetic, visible and ultraviolet radiation – are investigated at the Training and Research Center of Welding and Plasma Technologies of the Russian State Technical University and presented. Recommendations are formulated to reduce the level of their negative impact in the process of scientific and educational activities in the Center.

Ключевые слова: безопасность, сварочные технологии, плазменная резка, шум, излучение, акустика, вредные факторы, освещенность.

Keywords: safety, welding technologies, plasma cutting, noise, radiation, acoustics, harmful factors, illumination.

Сварочные и родственные им плазменные технологии считаются одними из наиболее вредных и опасных для здоровья работников. Работники сварочных цехов подвергаются воздействию различных вредных факторов, которые могут негативно повлиять на их

здоровье и благополучие. В этой статье мы рассмотрим комбинированное воздействие вредных факторов на примере учебно-исследовательского Центра сварочных.

Как известно, на сварочных и плазменных производствах работники подвергаются и плазменных технологий Российского государственного профессионально-педагогического университета (РГППУ). воздействию различных вредных факторов [1; 2], среди которых можно выделить следующие:

- Излучение сварочной и плазменной дуги (световое, тепловое, электромагнитное, акустическое и ионизирующее);
- Опасность поражения электрическим током и дугой высокого напряжения;
- Выделение токсичных газов, аэрозолей, пыли и брызг металла при сварке и резке;
- Шум и вибрация;
- Психофизиологическое воздействие и эргономическая усталость;
- Опасность механического повреждения при работе с конструкциями из металла и автоматическими устройствами.

Кроме того, предъявляются определенные требования к геометрии, факторам производства и микроклимату подобных помещений. Например, сварочные посты для систематического выполнения ручной дуговой сварки или сварки в среде защитных газов изделий малых и средних габаритов должны быть размещены в не пожароопасных и невзрывоопасных зонах в специальных кабинах со стенками из несгораемого материала. Глубина кабины сварочного поста должна быть не менее двойной длины, а ширина — не менее полуторной длины свариваемых изделий, однако площадь кабины должна быть не менее 2х1,5 м. При установке источника сварочного тока в кабине ее размеры должны быть соответственно увеличены. Высота стенок кабины должна быть не менее 2 м, зазор между стенками и полом – 50 мм, а при сварке в среде защитных газов – 300 мм [3].

Освещение в сварочных производственных помещениях должно обеспечивать не только комфортные условия работы, но и безопасность работников. Основными требованиями к освещению в таких помещениях являются [4]:

1. Необходимо обеспечить достаточную яркость света на рабочей поверхности, чтобы работник мог правильно выполнить сварочные операции.
2. Свет не должен создавать отблески на сварочном шве, что может затруднить контроль за качеством сварки.
3. Освещение должно быть равномерным и отсутствовать тени, чтобы работник мог видеть сварочную зону без искажений.

4. Необходимо учитывать тип сварки и выбирать светильники с соответствующей температурой цвета, чтобы работник мог видеть цвет сварочного шва и правильно выбирать сварочный материал.

5. Светильники должны быть защищены от механических повреждений и взрывоопасных зон.

6. Освещение должно быть достаточно ярким, чтобы работник мог видеть сварочную зону даже при использовании светофильтра на сварочной маске. Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк.

В сборочно-сварочных цехах необходимо применять общее или комбинированное (общее в сочетании с местным) освещение. В обоих случаях освещенность в рабочей плоскости, создаваемая светильниками общего освещения, на участках сварки должна составлять не менее 50 лк – при лампах накаливания и 150 лк – при люминесцентных лампах, а на участках разметки – не менее 150 и 400 лк соответственно. В крупногабаритных производственных помещениях глубиной более 6,0 м при боковом освещении нормируется минимальное значение коэффициента естественного освещения (КЕО) в точке на условной рабочей поверхности, удаленной от световых проемов – на 1,5 м высоты от пола до верха светопроемов (для зрительных работ I–IV разрядов); на 2,0 м высоты от пола до верха светопроемов (V–VII разрядов); 3,0 м высоты от пола до верха светопроемов (для разряда VIII) – табл. 1.

Таблица 1. Наименьшие нормативные значения КЕО для производственных помещений при совмещенном освещении

Разряд зрительных работ	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
I	3,0	1,2
II	2,5	1,0
III	2,0	0,7
IV	1,5	0,5
V и VII	1,0	0,3
VI	0,7	0,2

С целью выявления отклонений от регламентных норм была проведена оценка факторов безопасности при проведении сварочных и плазменных работ в учебно-исследовательском Центре высоких технологий в сварке и плазменной обработке материалов РГППУ.

Проведённые исследования освещенности с использованием люксметра ТКА-ПКМ (06) в аудитории 8-107 РГППУ (в открытой части помещения и на рабочих местах сварщика) показали следующие результаты (табл. 2 и 3):

Таблица 2. Результаты измерений освещенности в периферийной зоне Центра (вне рабочих мест сварщика)

E _п , лк						<E _п >, лк	ΔE _п , лк
1	2	3	4	5	6		
109	250	255	238	510	547	318	157

$$E_{п}=320 \square 160 \text{ лк}$$

$$\text{Освещенность на улице } E_{ул}=8600 \text{ лк}$$

$$KE_{оп}=E_{п}/E_{ул}=320/8600=0,037=3,7\%$$

Таблица 3. – Результаты измерений освещенности рабочих мест сварщика

E _п , лк				<E _п >, лк	ΔE _п , лк
1	2	3	4		
97	180	195	247	180	62

$$E_{с}=180 \square 60 \text{ лк}$$

$$KE_{ос}=E_{с}/E_{ул}=180/8600=0,021=2,1\%$$

Как видно из результатов измерений, система освещения в открытой части помещения обеспечивает хороший уровень освещенности, превышающий нормативные требования, предъявляемые к I классу зрительных работ (табл. 1). Уровень освещенности на рабочих местах сварщика примерно на 40% ниже, чем в открытой (периферийной) части, что объясняется меньшим числом осветительных приборов, создающих освещение на изолированных от остальной части помещения рабочих местах. Тем не менее, уровень освещенности на рабочих местах достаточно высок и соответствует III классу зрительных работ. Следует также обратить внимание, что измерения освещенности на рабочих местах во время работы (при действующей сварочной дуге) и при отсутствии сварочных работ показали небольшое различие освещенности, что свидетельствует о том, что максимальное излучение в процессе проведения сварочных работ приходится на ультрафиолетовый диапазон. Измерения интенсивности излучения в суммарном диапазоне видимого света + УФ показало средний уровень в 23 Вт/м², что превышает допустимые уровни [5; 6].

Поскольку сварочные и плазменные технологии помимо излучений в оптическом, ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах сопровождаются также другими видами электромагнитного излучения (за счет дуговых процессов, а также работы источников

питания, других видов электрического оборудования) с использованием прибора СОЭКСЭковизор F4 были произведены измерения напряженности электрического и индукции магнитного полей промышленной частоты 50 Гц на рабочем месте сварщика (табл. 4 и 5).

Таблица 4. Результаты измерений напряженности электрического поля

E _{эл} , В/м				<E _{эл} >, В/м	ΔE _{эл} , В/м
1	2	3	4		
3	2	12	13	7,5	5,8

$$E_{эл}=7,5 \square 5,8 \text{ В/м}$$

Таблица 5. Результаты измерений индукции магнитного поля (без сварки):

B, мкТл				, мкТл	ΔB, мкТл
1	2	3	4		
0,55	0,53	0,54	0,60	0,555	0,027

$$B=0,555 \square 0,027 \text{ мкТл}$$

Как показывает анализ приведенных результатов, параметры электрических и магнитных полей в отсутствие рабочего процесса не превышают уровни нормируемые уровни. Однако, измерения вблизи работающего источника питания показали повышенные уровни напряженности электрического поля – E_{эл}=12 В/м. Также повышенные уровни были зафиксированы при работающей сварочной дуге – E_{эл}=30 В/м, B=1,3-2,4 мкТл (B_{max}= 6,6 мкТл). Последние результаты, хоть и не превышают нормируемые значения для помещений (ПДУ в помещении: E_{эл} = 500 В/м, B=10 мкТл), но показывают повышенный уровень электромагнитного воздействия вблизи приборов и устройств (ПДУ вблизи приборов: E_{эл} = 25 В/м, B=0,25 мкТл) [6], что лишний раз подчеркивают вредный характер трудовой деятельности сварщика и необходимость минимизации степени его ручного труда при увеличении доли автоматизированных процессов сварочного производства.

Отдельное внимание при определении соблюдения норм безопасности в учебно-исследовательском Центре высоких технологий в сварке и плазменной обработке материалов было уделено акустическому фактору, так как данное помещение содержит большое количество различных устройств, работа которых характеризуется высоким уровнем шумового воздействия на окружающую среду и рабочий персонал. К таким устройствам и технологиям, в первую очередь, следует отнести систему плазменной и газовой резки металлов с работающим ресивером (накопителем давления плазмообразующего газа) и

устройством вытяжки (производства АО СовПлим) образующихся при резке токсичных газов, а также сварочные посты во время проведения сварочных работ.

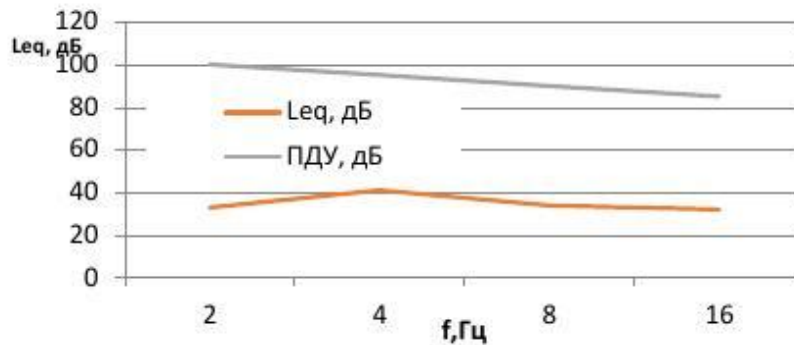


Рис. 1. Общий уровень инфразвука в Центре (при работающем ресивере).

Произведенные измерения с помощью шумомера АССИСТЕНТ-SIU показали следующие результаты. При неработающей системе плазменной резки, а также в отсутствии сварочных работ суммарный уровень звука в центре помещения составил 74 дБА. Такой же уровень был зафиксирован вблизи работающей вытяжки, что, в целом, свидетельствует о соблюдении норм акустической безопасности в помещении [7]. Также соблюдение норм по шуму (ниже ПДУ на 50-60 дБ) было зафиксировано и при измерениях в инфразвуковом диапазоне акустического излучения – 70 (без ресивера) – 83 дБ (при работающем ресивере – рис. 1) в центре помещения и 55 дБ (вблизи работающей вытяжки).

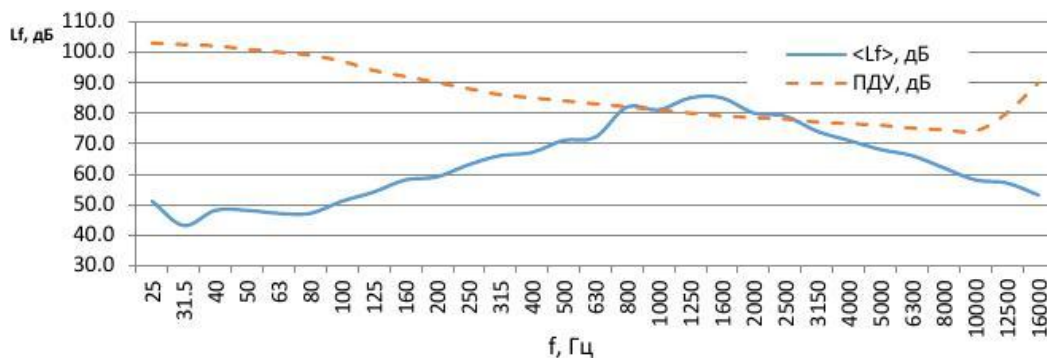


Рис. 2. Спектральные характеристики акустического излучения (в 1/3-октавных диапазонах) вблизи работающей системы вытяжки токсичных газов.

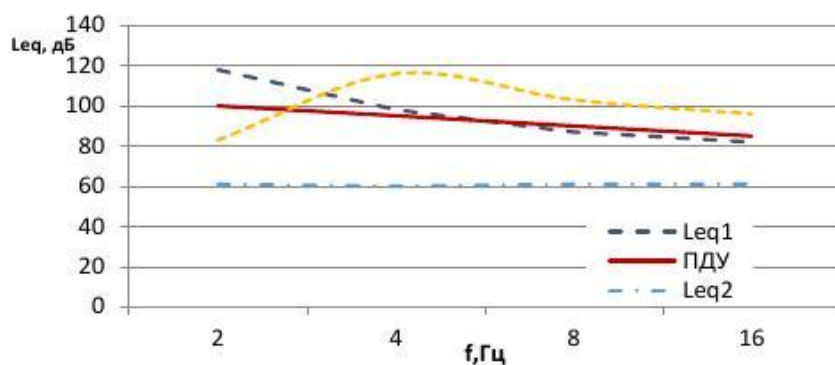


Рис. 3. Спектральные характеристики акустического излучения (в инфразвуковом диапазоне) вблизи работающей системы вытяжки токсичных газов (3 измерения в различные временные промежутки)

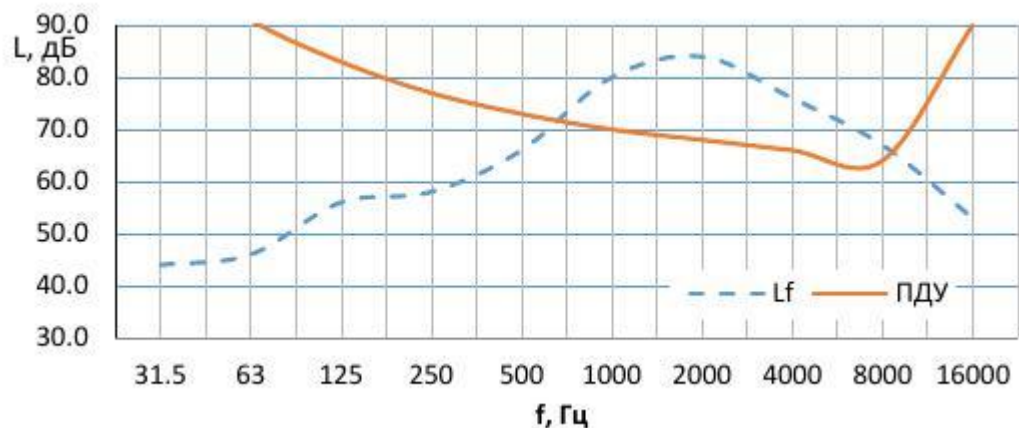


Рис. 4. Спектральные характеристики акустического излучения (в 1/1-октавных диапазонах) в центре помещения (без ресивера)

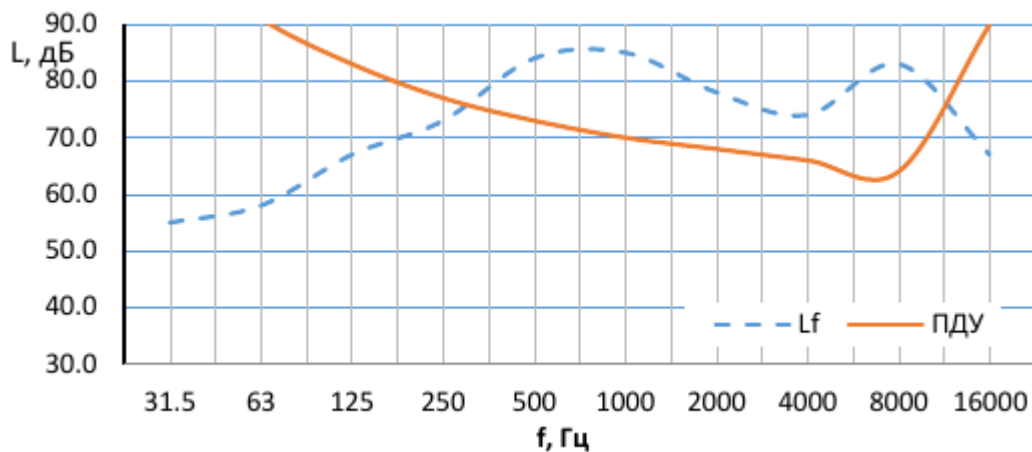


Рис. 5. Спектральные характеристики акустического излучения (в 1/1-октавных диапазонах) в центре помещения (с ресивером)

Подобные выводы были получены и при анализе спектральных характеристик излучения (в 1/1-октавных диапазонах) в центре помещения – рис. 4 и 5. Представленные на данных спектрограммах результаты измерений показывают превышение ПДУ при неработающем ресивере на 10-16 дБ в диапазоне 0,5-8 кГц (макс. превышение в диапазоне 1-2 кГц) и $L_{eq} = 81,5$ дБА – рис.4, а также превышение ПДУ при работающем ресивере на 10-20 дБ в диапазоне 0,3-12 кГц (макс. превышение в диапазоне 8 кГц) и $L_{eq} = 84,0$ дБА (ПДУ = 85 дБА [7]) – рис. 5.

Следует при анализе акустического фактора обратить внимание на отсутствие в представленном материале результатов измерений шума при работающей системе плазменной и газовой резки. Большой спектр результатов подобных измерений и их анализ можно найти в работах научного руководителя данной работы [8], которые свидетельствуют о существенном превышении как интегральных, так и спектральных характеристик акустического излучения в технологиях плазменной резки ($L_{eq} = 100-120$ дБА с превышением

на 30-40 дБ в отдельных диапазонах спектра). Однако, внедрение в учебно-исследовательском Центре сварочных и плазменных технологий РГППУ инновационных технологий плазменной резки с применением плазмотронов типа ПМВР-5 и ПМВР-9 делает задачу изучения уровней их шумового излучения актуальной для дальнейших исследований.

При анализе условий труда в Центре сварочных и плазменных технологий следует обратить внимание и на влияние комбинации наблюдаемых здесь вредных и опасных факторов. Каждый из упомянутых выше вредных факторов может оказать негативное воздействие на работника, но комбинация этих факторов может быть еще более вредной и опасной. Например, излучение сварочной дуги в сочетании с выделением газов и паров при сварке может привести к отравлению организма и серьезным заболеваниям дыхательных путей. Кроме того, шум и вибрация могут увеличить утомляемость работника и привести к нарушениям слуха и зрения. Поскольку представленный анализ показал ряд отклонений от регламентных норм, для защиты работников необходимо принимать соответствующие меры. В ряду таких мер должны быть:

- Использование защитного оборудования, например, масок и очков;
- Обеспечение хорошей вентиляции помещения;
- Применение специальных фильтров для очистки воздуха;
- Проведение регулярных медицинских осмотров работников;
- Обучение работников правильной технике сварки и оказанию первой помощи;
- Автоматизация технологий с минимизацией доли ручного производства.

Рассмотрим, в качестве примера, роль сварочных масок и светофильтров, которые выполняют основную функцию по защите зрения [9]. Светофильтр для сварочной маски – это устройство, которое используется для защиты глаз работника от опасных излучений сварки. Он устанавливается на сварочную маску и фильтрует световые лучи, блокируя вредные ультрафиолетовые и инфракрасные излучения. Они могут иметь одну или несколько светофильтрующих степеней, которые определяют степень блокирования излучения. Наиболее распространенные классы защиты светофильтров для сварочных масок – 9, 10 и 11. При выборе светофильтра для сварочной маски необходимо учитывать тип сварки, которую планируется выполнять, а также индивидуальные особенности глаз работника. При сварке могут применяться как недорогие светофильтры с фиксированной степенью затемненности (цветные стекла), так и дорогие автоматические для сварочной маски с регулированием яркости при изменении интенсивности сварки (в народе – «хамелеон»). Для снижения светопропускаемости в материал светофильтра, как правило, добавляют примеси цветных металлов (медь и никель). При выборе (покупке) светофильтра рекомендуется провести проверку с помощью лампы дневного света. Через стекло С4 нить накаливания лампочки

будет хорошо просматриваться, а через С8 с трудом. Если отличий нет, то от приобретения лучше отказаться. Профессионалы советуют иметь для маски сварщика 2–3 светофильтра с разной степенью защиты, что позволяет при проведении сварочных работ подобрать лучший вариант. Следует обратить внимание, что существует российская и международная маркировка степени затемнения. Отечественная классификация маркируется от С4 до С8, что соответствует европейской 9-13 DIN (см. табл. 6).

Таблица 6. Соответствие российской и международной маркировок степени затемнения

Степень затемнения DIN	Отечественная классификация
9	С4
10	С4-С5
11	С5
12	С6-С7
13	С8

Анализ представленных результатов показывает, что аудитория учебно-исследовательского Центра сварочных и плазменных технологий РГППУ, в основном, соответствует регламентным нормам по параметрам освещённости, электромагнитного, акустического и радиационного (0,10–0,15 мкЗв/ч) излучения. Однако, в ходе исследований были выявлены и ряд отклонений от этих норм в процессе проведения сварочных и плазменных работ, требующих выполнения и соблюдения ряда мер по снижению их негативного воздействия на работающих и обучающихся в Центре. Для более полноценных выводов требуется проведение комплексных исследований всех видов опасных и вредных факторов, наблюдаемых в Центре, а также включение в орбиту исследований технологий плазменной и газовой резки.

Список литературы

1. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев и др. 4-е изд., перераб. М. : Высшая школа, 2007. 335 с.
2. ГОСТ 12.3.003-86. Работы электросварочные. Требования безопасности : межгосударственный стандарт : дата введения 01.01.1988 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006408>.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. : утверждены приказом Минэнерго РФ от 8 июля 2002 г. № 204 : дата введения 08.07.2002 // Элек.ру :

Электротехнический интернет-портал. URL: <https://www.elec.ru/library/direction/pue/razdel-7-6-5.html>.

4. СНИП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение: дата введения (с изменением № 1 от 29.05.2003) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001026>.

5. Анахов С. В. Основы безопасности электроплазменных процессов. Екатеринбург : Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета, 2009. 47 с.

6. СанПин 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях : дата введения 19.02.2003. URL: <https://ekosf.ru/normativnye-dokumenty/em-polya/571-sanpin-2-2-4-1191-03>.

7. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности : межгосударственный стандарт : дата введения 01.07.1984 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200291?ysclid=lk0uhgbiez786901998>.

8. Анахов С. В., Пыкин Ю. А. Плазмотроны: проблема акустической безопасности. Теплофизические и газодинамические принципы профилирования газоздушных трактов малозумных плазмотронов. Екатеринбург : УрО РАН, 2012. 223 с.

9. ГОСТ 12.4.023-84. Щитки защитные. Общие технические требования и методы контроля : дата введения (с изменением № 2 от 25.04.97) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006184>.

*Статья опубликована при поддержке гранта РФФИ № 23-29-00111.