

УДК 613.6.027

К ВОПРОСУ ОБ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ МЕТОДИК КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЫЛЬЮ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Федорук А.А.¹, Другова О.Г.¹, Ковалевский Е.В.^{2,3}, Цхомария И.М.²

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, Россия

²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф.Измерова», Москва, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (далее – АПФД) – один из самых распространённых вредных производственных факторов. Для ряда из них, в частности для асбестосодержащих пылей, еще в 2003 г. в России приняты нормативы ПДК ниже 1 мг/м^3 , которые актуальны по сей день. Действующие с 2009г. по 2025г. Методические указания «МУК 4.1.2468-09. Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности» (далее МУК 4.1.2468-09) для контроля за АПФД в воздухе рабочей зоны не удовлетворяли метрологическим требованиям и содержали ряд неточностей. В 2025г. приняты новые методические указания «МУК 4.1.4155-25. Методика измерения массовой концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны гравиметрическим методом» (далее – МУК 4.1.4155-25).

Цель работы – рассмотрение вопросов эквивалентности вновь введённого в действие документа предыдущим версиям.

Материалы и методы. Оценено соответствие МУК 4.1.2468-09 требованиям действующих документов санитарного законодательства (СанПиН 1.2.3685-21) и документов, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, проведен анализ собранных замечаний и предложений лабораторий, работающих с действующими на момент проведения работы МУК 4.1.2468-09. По результатам проведенной работы разработан проект методики, в настоящее время утвержденный МУК 4.1.4155-25.

Результаты. Основные принципы и методология контроля загрязнения воздуха рабочей зоны промышленной пылью в методических документах остаются практически неизменными. Основное нововведение МУК 4.1.4155-25 – расширение нижнего диапазона определяемой концентрации до $0,05 \text{ мг/м}^3$ (вместо 1 мг/м^3), что

достигается не путем изменения характеристик оборудования, а зависит от объема аспирируемого воздуха и точности весов. В целом, документ актуализирован, откорректированы, в ряде случаев детализированы, процедуры проведения измерений, расчета и представления результатов в соответствии с действующими нормативными требованиями. Отредактирована терминология, убраны наименования конкретных типов оборудования, указаны лишь минимальные требования.

Ограничения исследования. Методика измерений АПФД гравиметрическим методом, описанная в МУК 4.1.4155-25, ограничена правовым полем Российской Федерации.

Заключение. Новые МУК 4.1.4155-25 снижают минимальный диапазон определяемой концентрации АПФД в воздухе рабочей зоны гравиметрическим методом, описанный в МУК 4.1.2468-09, до $0,05 \text{ мг/м}^3$, что позволяет применять ее для контроля пылей с ПДК менее 1 мг/м^3 . Вносит изменения в показатели точности измерений и оценки качества результатов измерений, расчета среднесменных концентраций и представления результатов. а также ряд других корректировок, в рамках выполнения требований действующего санитарного и метрологического законодательства. Несмотря на нововведения, на наш взгляд, методика МУК 4.1.4155-25 в целом эквивалентна описанной в МУК 4.1.2468-09.

Ключевые слова: аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, волокнистые пыли, воздух рабочей зоны, метод измерения, гравиметрический метод, эквивалентность методик

Соблюдение этических стандартов. Проведение настоящего исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животных в качестве объектов исследования.

Использование инструментов искусственного интеллекта. Авторы заявляют, что при подготовке настоящей рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Федорук А.А., Другова О.Г., Ковалевский Е.В., Цхомария И.М. К вопросу об эквивалентности методик контроля загрязнения пылью воздуха

рабочей зоны гравиметрическим методом. Медицина труда и экология человека. 2025; 4 : 156 - 175. doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10408>

Для корреспонденции: Федорук Анна Алексеевна, e-mail: annaf@ymrc.ru

ON THE EQUIVALENCE OF GUIDELINES FOR WORKPLACE AIR QUALITY AND DUST MONITORING USING THE GRAVIMETRIC METHOD

Fedoruk A.A.¹, Drugova O.G.¹, Kovalevskiy E.V.^{2,3}, Tskhomariya I.M.²

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

²Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russia

³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Fibrogenic aerosols are among the most common occupational hazards. For some of them, e.g. asbestos dusts, Russian standards were set below 1 mg/m³ back in 2003, and they are still valid today. Guidelines MUK 4.1.2468-09, Measurement of Mass Concentrations of Dust in the Air of the Working Area of Mining and Non-Metallic Industry Enterprises, for fibrogenic aerosol monitoring in the workplace air, which were in effect in 2009 to 2025, failed to meet metrology requirements and contained a number of inaccuracies. In 2025, new Guidelines MUK 4.1.4155-25, Methodology for Measuring Mass Concentrations of Fibrogenic Aerosols in the Workplace Air Using the Gravimetric Method, were adopted.

The purpose of the study – To examine the equivalence of the new document to its previous versions.

Materials and methods. The compliance of Guidelines 4.1.2468-09 with the requirements of current sanitary legislation (SanPiN 1.2.3685-21) and documents related to state regulation of ensuring the uniformity of measurements was assessed. Comments and suggestions from laboratories working with MUK 4.1.2468-09, which were in effect at the time of the study, were analyzed. The results were then used for developing the draft currently approved as Guidelines 4.1.4155-25.

Results. Basic principles and methodology for monitoring workplace air pollution with industrial dust remain virtually unchanged in the guidelines. The main innovation is the reduction of the lower range of detected concentration to 0.05 mg/m³ (instead of 1 mg/m³). This is achieved not by changing the equipment specifications, but rather by relying on the volume of aspirated air and scale accuracy. Overall, the document has been updated, the procedures for conducting measurements, calculating, and reporting results have been corrected, and in some cases, detailed in accordance with current regulatory

requirements. Terminology has been edited, the names of specific equipment types have been removed, and only minimum requirements have been set forth.

Study limitations. The gravimetric method described in Guidelines 4.1.4155-25 is limited by the legal framework of the Russian Federation.

Conclusions. The new Guidelines 4.1.4155-25 reduce the minimum range of detectable concentrations of fibrogenic aerosols in the workplace air using the gravimetric method described in Guidelines 4.1.2468-09 to 0.05 mg/m³, allowing its use for monitoring dusts with MACs below 1 mg/m³. It introduces changes to the measurement accuracy indicators and the quality assessment of measurement results, calculation of time-weighted average concentrations and reporting the results, as well as a number of other adjustments, in line with the requirements of current sanitary and metrological legislation. In our opinion, despite these innovations, Guidelines 4.1.4155-25 are generally equivalent to Guidelines 4.1.2468-09.

Keywords: fibrogenic aerosols, fibrous dusts, workplace air, method of measurement, gravimetric method, equivalence of guidelines

Compliance with ethical standards. This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Declaration of AI use. The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

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

Funding. The study had no sponsorship.

For citation: Fedoruk A.A., Drugova O.G., Kovalevskiy E.V., Tskhomariya I.M. On the equivalence of guidelines for workplace air quality and dust monitoring using the gravimetric method. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2025; 4:156 – 175.

doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10408>

For correspondence: Anna A. Fedoruk, e-mail: annaf@ymrc.ru

Промышленные пыли и, в частности, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (далее – АПФД), являются одним из самых распространённых вредных производственных факторов в России и в мире. Последствием их длительного воздействия в концентрациях, превышающих допустимые, является развитие многих заболеваний. Это различные виды пневмокониозов, поражения верхних

дыхательных путей, трахеобронхиального дерева и других органов, и систем организма человека, онкологические заболевания и многие другие [1]. С учётом тяжести течения «пылевых» заболеваний, в первую очередь пневмокониозов и злокачественных новообразований, а также кумулятивного характера биологического действия АПФД и длительного латентного периода развития изменений в состоянии здоровья, особое значение имеет выбор показателей нормирования и контроля загрязнения АПФД воздуха рабочей зоны, позволяющих иметь сравнимые данные за длительные промежутки времени для характеристики воздействия фактора на работника за весь период профессионального контакта. Выбор таких показателей имеет критическое значение и для работ по оценке рисков развития различных изменений в состоянии здоровья при воздействии промышленных пылей, являющихся основой для разработки необходимых и достаточных мер профилактики «пылевых» профессиональных заболеваний [2].

Эта проблема, несмотря на многие десятилетия исследований в данном направлении, остаётся одной из самых дискуссионных в медицине труда. Единого мнения в мире до настоящего времени не выработано. Соответственно, если не рассматривать её в деталях, что несомненно требует отдельной публикации или серии публикаций, то в мировой практике существует два подхода к выбору показателей нормирования и контроля АПФД [3]. Во многих зарубежных странах выбор был сделан в пользу показателей воздействия, выраженных в массе пылинок определённого размера – так называемой «респираторной» фракции пыли (хотя консенсуса по точным размерным характеристикам пылевых частиц, отвечающих этому определению, до настоящего времени в мире не достигнуто, обычно это частицы с аэродинамическим диаметром от 0,2 до 5 – 7 и более микрометров). Считается, что пылевые частицы именно таких размеров наиболее легко проникают в глубокие отделы органов дыхания, наиболее хорошо в них задерживаются и, соответственно, полностью ответственны за неблагоприятное биологическое действие пыли. Использование этого показателя связано с множеством неопределённостей. Это обусловлено и характеристиками современного оборудования для отбора проб воздуха с разделением пыли по фракциям [4, 5, 6, 7] и собственными характеристиками пылевых частиц, их способностью образовывать в воздухе устойчивые конгломераты мелкодисперсных частиц [8, 9]. Также необходимо принимать во внимание возможность существенных изменений в способности частиц различного размера проникать в глубокие отделы органов дыхания и задерживаться в них в зависимости от условий воздействия (концентрации пыли во вдыхаемом воздухе,

продолжительность воздействия, интенсивность физических нагрузок на работника и многое другое), состояния здоровья и физиологических особенностей строения дыхательных путей каждого конкретного работника. Всё это ставит под сомнение использование в качестве показателя контроля и нормирования загрязнения воздуха рабочей зоны только по какой-то одной фракции пыли без учёта воздействия всех витающих в воздухе пылевых частиц. Особенно если учитывать чрезвычайную вариабельность соотношения частиц различных размеров в воздухе рабочей зоны даже в течение одной рабочей смены, продемонстрированную ещё многие годы назад, в том числе и отечественными авторами [10, 11]. В связи с этим в развитых зарубежных странах (США, Великобритания и многие другие) в настоящее время используется двойное или многоступенчатое нормирование (например, по респираторной фракции и по всей витающей в воздухе пыли – так называемой «total dust»). В СССР начиная с 30-ых годов XX века и в России до настоящего времени используются показатели, выраженные в массе всех витающих в воздухе пылевых частиц. Нормирование и контроль пыли по её общей массе, по мнению отечественной школы гигиенистов, является наиболее оптимальным с гигиенической и практической точки зрения методом, позволяющим оценить воздействие всех витающих в воздухе рабочей зоны пылевых частиц. Его использование даёт возможность избежать множества неопределённостей при реализации исследований по оценке рисков для здоровья работников.

При этом, во многих случаях нормативы по общей массе пыли устанавливаются в зависимости от содержания в ней веществ, вызывающих особую настороженность, например, кремния диоксид кристаллический или природные и искусственные минеральные волокна. Нормативы содержания асбестсодержащих и других видов волокнистых пылей в воздухе рабочей зоны, принятые ещё в июле 2003 г. (ГН 1313-03¹⁴) сохранили свою актуальность по сей день (СанПиН 1.2.3685-21). В отличие от ранее действующих нормативов (далее – ПДК) в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.686-98¹⁵) начиная с 2003 г. нормирование асбестсодержащих пылей и других природных и искусственных волокнистых пылей уже зависит от концентрации определенных типов волокон, что отразило текущие тенденции достижений научных знаний в этой области. При этом, разработанные для ряда этих пылей ПДК были ниже 1 мг/м³.

¹⁴ ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (заменен на ГН 2.2.53532-18)

¹⁵ ГН 2.2.5.686-98 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (заменен на ГН 2.2.51313-03)

В целом, методология и технология измерения массовых концентраций пыли остаётся в нашей стране неизменной на протяжении многих десятилетий со времени создания в конце 30-ых годов XX века академиком И. В. Петряновым-Соколовым технологии получения нетканого материала из очень тонких волокон, который и по настоящее время используется для производства фильтров серии АФА. Действующие методические документы по данному направлению корректировались только в соответствии с изменением нормативной базы в стране в целом, изменениями в формальных требованиях к используемому оборудованию. Например, если не углубляться в более ранние периоды, действующие в СССР с конца 70-ых годов «Методические указания на измерение концентрации пыли в воздухе промышленных предприятий»¹⁶ и «Методические указания на гравиметрическое определение пыли в воздухе рабочей зоны и системах вентиляционных установок»¹⁷ были заменены на Методические указания «Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия»¹⁸, которые прослужили до 2009 года, когда им на смену были представлены Методические указания «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности»¹⁹. В 2025 году в рамках реализации механизма «регуляторной гильотины» и учитывая необходимость актуализации действующих методических указаний в соответствии с произошедшими изменениями в нормативной базе, специалистами ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, и ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва был подготовлен проект методических указаний «Методика измерения массовой концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны гравиметрическим методом», утверждённый в том же году в установленном действующим законодательством порядке (МУК 4.1.4155-25²⁰) [12]. Но следует ещё раз подчеркнуть, что во всех указанных документах основные принципы и методология контроля загрязнения воздуха рабочей зоны промышленной пылью оставались практически неизменными.

¹⁶ «Методические указания на измерение концентрации пыли в воздухе промышленных предприятий» / утверждены Минздравом СССР 27.06.75, № 1320-75

¹⁷ «Методические указания на гравиметрическое определение пыли в воздухе рабочей зоны и системах вентиляционных установок» / утверждены Минздравом СССР 18.04.77, №1719-77

¹⁸ МУ №4436-87 «Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия», утв. 18.11.1987 г. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР А.М.Скляровым

¹⁹ МУК 4.1.2468-09 «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности» (заменены на МУК 4.1.4155-25)

²⁰ МУК 4.1.4155-25 «Методика измерения массовой концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны гравиметрическим методом»

Цель работы – рассмотрение вопросов эквивалентности вновь введённого в действие документа предыдущим версиям.

Материалы и методы. При реализации поставленной задачи был проведен анализ собранных замечаний и предложений лабораторий, работающих с действующими на момент проведения работы методическими указаниями «МУК 4.1.2468-09. Изменение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности» (далее – МУК 4.1.2468-09), проведена оценка МУК 4.1.2468-09 на предмет соответствия требованиям действующих документов санитарного законодательства (СанПиН 1.2.3685-21) и документов, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. По результатам проведенной работы разработан проект методики, в настоящее время утвержденный «МУК 4.1.4155-25. измерения массовой концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны гравиметрическим методом, в настоящее время утвержденный в качестве (далее – МУК 4.1.4155-25).

Результаты и обсуждение.

Действующие до недавнего времени МУК 4.1.2468-09 не позволяли определять соответствие $\frac{1}{2}$ ПДК для многих видов АПФД, как это предписано Постановлением Правительства РФ от 16.11.2020 N 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений». Это первое и важное методическое несоответствие МУК 4.1.2468-09, требованиям нормативных документов санитарного законодательства, которое было устранено при пересмотре документа. В ныне действующих МУК 4.1.4155-25 определение концентрации пыли гравиметрическим методом возможно в диапазоне массовых концентраций от 0,05 до 250 мг/м³. При этом следует отметить, что данное расширение диапазона не связано с изменением характеристик оборудования или собственно методики измерения, т.к. в п.5 раздела 3 МУК 4.1.2468-09 также было указано: «Нижний предел измерения массовой концентрации пыли в воздухе зависит от точности применяемых аналитических весов ($\pm 0,1$ мг) и от объема аспирируемого воздуха». Поскольку возможность определения концентраций не требует изменения методики, а зависит от объема аспирируемого воздуха и точности весов, данное изменение не повлияло на эквивалентность двух документов. Здесь следует отметить, что в отношении понятия «точность весов» не было никаких пояснений МУК 4.1.2468-09, что вызывало вопросы специалистов (возможно, имелась ввиду цена деления шкалы

(дискретность)), в связи с чем, данный пункт был исключен из МУК 4.1.4155-25, а характеристики средств измерений приведены в таблице «Средства измерений», где такие неточности отсутствуют.

В целом раздел «Средства измерений, реактивы, вспомогательное оборудование, устройства и материалы» актуализирован в соответствии с действующими требованиями. Так, в таблице 5.1 «Средства измерений» МУК 4.1.4155-25 наименования конкретных типов оборудования, заменены на сведения по необходимым характеристикам применяемого оборудования, поскольку по требованиям действующего законодательства, все аспираторы при производстве должны отвечать требованиям ГОСТ Р 51945-2002 и быть внесены в Госреестр СИ. Для весов прописан показатель предела допустимой погрешности и основной документ, которому должны соответствовать отечественные весы (для весов зарубежных производителей ГОСТ OIML R 76-1-2011). Практически все присутствующее на рынке аналитические весы I класса и некоторые виды II класса отвечают установленным требованиям. Все необходимые показатели присутствуют в Госреестре СИ (документ Описание типа средств измерений). Весы ВЛР-200 (Госреестр N 19874-02), указанные в МУК 4.1.2468-09, не соответствуют положениям действующих ГОСТ, поскольку их показатель погрешности в 0,25 мг на практике не может быть оценен (раздел 3 ГОСТ Р 53228-2008). С учетом того, что некоторые весы могут иметь гири менее 1 г (500 мг, 200 мг и т.д.), решено отказаться от диапазона в 1-100 г, а указать только основные виды гирь с учетом предела допускаемой погрешности.

Исключены указания на конкретные марки и типы оборудования, применяемые для измерения атмосферного давления, температуры, влажности и скорости движения воздуха, но введены показатели, которым должны соответствовать используемые для измерения приборы (таблица 5.1 МУК 4.1.4155-25). При этом, необходимо отметить, что представленные в МУК 4.1.2468-09 приборы, применяемые для измерения выше указанных факторов, соответствуют показателям, указанным в МУК 4.1.4155-25. Исключением является лишь анемометр крыльчатый типа АСО-3 (диапазон – 0,3-5 м/с). В связи с этим, при отсутствии в лаборатории анемометров, соответствующих данным требованиям (и зарегистрированные в Госреестре СИ) их необходимо приобрести. Также в перечень необходимого оборудования включены колбы мерные 2-го класса точности, 2-50-2, вместимостью 50 см³, ГОСТ 1770-74 (указан класс точности, объем) и прибор для измерения продолжительности отбора - секундомер механический типа СОПр-2а. Внесен в «Утверждённые типы

средств измерений» Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, класс точности 3 (указан минимальный класс точности).

Во вспомогательном оборудовании, устройствах и материалах – перечень расширен в названии и в некоторых позициях. Так, убран пункт «Игла на диске металлическом для насадки фильтров и их обработки», поскольку фильтры возможно зажать за края и поместить в бюкс для экстрагирования масел, а конкретное оборудование в виде иглы на диске может вызывать вопросы об их наличии у экспертов; «Трубка резиновая медицинская», поскольку трубки могут быть силиконовыми, в зависимости от типа аспиратора и размеров входного отверстия в нем и в фильтродержателе, а в некоторых аспираторах их наличие не требуется (ПА-300М-2). В этот перечень перенесены пункты «Фильтродержатели», «Аналитические аэрозольные фильтры гидрофобные» (из п. 4.3 «Реактивы и материалы» МУК 4.1.2468-09). Также в пункте «Сушильный шкаф» добавлена ссылка на п. 10.1 МУК 4.1.4155-25 которым допускается проводить сушку в сушильном шкафу при выполнении отбора проб в условиях повышенной влажности (более 75%), что делает его наличие необязательным, а лишь дополнительным оборудованием, ускоряющим процесс подготовки фильтров.

В отдельную таблицу (таблица 5.2 МУК 4.1.4155-25) вынесены реактивы, и изменена формулировка – теперь не требуется наличие одновременно и бензина «Нефрас С2 80/120», и бензина «Калоша», и изооктана, а достаточно наличие одного, если требуется экстрагирование масел. Убран пункт «Вымпел матерчатый для определения направления движения воздушных масс (ветра) на открытых площадках» - определение направление движения ветра можно узнать иными способами.

Таким образом, можно считать данные методики эквивалентными в случае соответствия указанным параметрам средств измерения и оборудования в лаборатории.

Ряд изменений внесен в разделы «Метрологические характеристики» и «Контроль качества результатов измерений при реализации методики в лаборатории». Например, характеристики погрешности измерений (таблица 1 МУК 4.1.2468-09) перенесены из этого раздела в раздел «Метрологические характеристики» и «Контроль качества результатов измерений при реализации методики в лаборатории» таблицы 3.1 и 13.1 МУК 4.1.4155-25 соответственно. В таблице 3.1 в разделе МУК 4.1.4155-25 «Метрологические характеристики» при выполнении методики измерений, по сравнению с таблицей 1 аналогичного раздела МУК

4.1.2468-09, представлены только диапазон измерений массовых концентраций пыли и показатель точности (граница относительной погрешности). Диапазон соответственно расширен (от 0,05 до 250 мг/м³), а границы относительной погрешности, т.е. границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью находится значение погрешности измерения, увеличены (т.е. максимальное и минимальное значение относительной погрешности увеличены с 24 до 35% в соответствии с п.4.43 Постановления Правительства РФ от 16.11.2020 №1847). Другие показатели: воспроизводимости и повторяемости, вынесены в раздел 13, как относящиеся к контролю качеству измерений при выполнении методики в лаборатории, перенесены в таблицу 13.1 МУК 4.1.4155-25. В таблице 13.1 МУК 4.1.4155-25 представлены показатели и предел повторяемости и воспроизводимости. Пределы повторяемости и воспроизводимости, указанные в данной таблице, меньше на 3% и 2% соответственно по сравнению с МУК 4.1.2468-09. Однако лаборатория может установить свои собственные показатели и пределы повторяемости и воспроизводимости – достаточно того, чтобы они не превышали установленных нормативов. Для этого необходимо провести эксперименты (с учетом положений ГОСТ Р ИСО 5725-2002, РМГ-61-2010 или других документов), подтверждающие уменьшение пределов до значений, указанных в новой редакции методики (МУК 4.1.4155-25), по сравнению с прошлой (МУК 4.1.2468-09). Поэтому МУК 4.1.4155-25 эквивалентен МУК 4.1.2468-09 в этой части, содержат актуализированные положения с учётом требований и рекомендаций действующих нормативных и методических документов в части пределов повторяемости и воспроизводимости.

Раздел «Требования безопасности» (глава 6 МУК 4.1.4155-25, в прежней редакции глава 5 МУК 4.1.2468-09) содержит актуализированные нормативные документы (ГН 2.2.5.1313-03 заменен на СанПиН 1.2.3685-2; ГОСТ 12.0.004-90 заменен на Постановление Правительства Российской Федерации от 24.12.2021 №2464). Изменены общие формулировки пунктов, связанных с охраной труда, пожаро- и электробезопасностью, работы с оборудованием и условий в лаборатории с сохранением одинакового смысла.

Раздел «Требования к квалификации операторов» (глава 7 МУК 4.1.4155-25, в прежней редакции глава 6 МУК 4.1.2468-09) содержит изменения общего характера, заменены основные формулировки требований, в частности убраны пункты про наличие образования, пункт про опыт работы не менее 1 года, которые должны определяться самими лабораториями.

В разделе «Условия измерений» (глава 8 МУК 4.1.4155-25, в прежней редакции глава 9 МУК 4.1.2468-09) добавлен ряд пунктов с общими требованиями к отбору проб воздуха рабочей зоны (п.8.1), на открытых производственных площадках (п. 8.3), условиям применения фильтров АФА-ВП (п. 8.2). В разделе убраны не требующиеся сейчас условия для показателей частоты и напряжения тока в электросети. Все внесенные корректировки и проведенная актуализация текста этих разделов не привела к изменению технологии выполнения измерений.

Раздел «Подготовка к выполнению измерений» (глава 9 МУК 4.1.4155-25, в прежней редакции глава 8 МУК 4.1.2468-09) претерпел ряд коррекционных изменений. В частности, выделены подразделы: «Подготовка фильтров к отбору проб», «Подготовка аспиратора для отбора проб воздуха», «Отбор проб воздуха». Часть положений этого раздела МУК 4.1.2468-09 в новом МУК 4.1.4155-25 перенесена в другие. Например, п. 8.1 МУК 4.1.2468-09 «Подготовка эксикатора для осушки фильтров» перенесен в главу 10 Выполнение измерений в пункт 10.1 МУК 4.1.4155-25 с необходимыми уточнениями в соответствии с поступавшими замечаниями и вопросами касающимися выполнения этого пункта: «...При отборе проб в условиях повышенной влажности (более 75%) перед повторным взвешиванием фильтры следует помещать в эксикатор с помещенным в него осушителем (например, прокаленный хлористый кальций или другой осушитель) на 2 ч и затем в течение не менее 2 ч выдерживать в условиях лаборатории...». Из этой главы убраны характеристики фильтров, аспираторов, весов, т.к. они уже были описаны в разделе «Средства измерений, реактивы, вспомогательное оборудование, устройства и материалы». При этом, убрано спорное положение п. 8.2.4. МУК 4.1.2468-09 о погрешности применяемых весов: «...аналитических весах, имеющих погрешность не более 0,1 мг», вероятно, ранее здесь была допущена ошибка, поскольку под значением 0,1 мг, скорее всего, подразумевалась дискретность весов, а не погрешность».

Внесено изменение в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54578-2011, в частности, минимальная навеска пыли увеличена с 1 мг до 1,3 мг.

Этапы подготовки аспиратора для отбора проб воздуха, ранее указанных в п.п. 8.3.1-8.3.2 МУК 4.1.2468-09 изложены в п.п.9.7-9.8 МУК 4.1.4155-25, без изменения основного смысла. Практически все пункты 8.4.1-8.4.10 МУК 4.1.2468-09, касающиеся отбора проб, представлены в п.п. 9.9-9.18 МУК 4.1.4155-25 с некоторыми изменениями в порядке слов/следования предложений без изменения смысла. Однако существует ряд и более значимых изменений:

- 1) более подробно описан для прояснения некоторых вопросов пункт 9.15 «Отбор проб воздуха для определения максимального разовых концентраций» (аналог п.8.4.1. МУК 4.1.2468-09 «Контроль соответствия максимальным ПДК»);
- 2) более подробно описан для прояснения некоторых вопросов пункт 9.16 «Отбор проб воздуха для определения среднесменных концентраций» (аналог п.8.4.2. МУК 4.1.2468-09 «Контроль соответствия среднесменным ПДК»)
- 3) п.9.12 и п.9.13 (который перенесен из другого раздела, п. 8.2.3. МУК 4.1.2468-09) и введенный дополнительно п. 9.14 про «ориентировочные показатели объемного расхода воздуха и минимальная продолжительность отбора при предполагаемом содержании пыли в воздухе рабочей зоны» являются взаимодополняющим пунктами, более полно раскрывающими тактику отбора проб для специалиста (но являются больше информационными «опорными» пунктами).

Считаем, что корректировка и актуализация текста данного раздела не привела к изменению технологии выполнения измерений и не повлияла на эквивалентность методик.

Раздел «Выполнение измерений» скорректирован, без изменения технологии выполнения измерений в целом: убраны положения, изложенные в других разделах МУК 4.1.4155-25 (п. 9.5 МУК 4.1.2468-09), методика экстрагирования масел с фильтра АФА-ВП выделена в отдельное Приложение 4, внесен пункт с допущением использования сушильного шкафа вместо использования эксикатора, при необходимости осушения фильтров перед взвешиванием.

Раздел «Вычисление результатов измерений» откорректирован и актуализирован, что не повлияло на методику выполнения измерений:

- убрана формула представления результатов (формула (2) МУК 4.1.2468-09), т.к. оформление результатов с учетом границ погрешности устанавливается самой лабораторией, а не по табличным значениям;
- добавлен пункт (п. 11.3.4 МУК 4.1.4155-25), в котором указана формула для приведения среднесменных концентраций для смен, продолжительность которых отличается от 8-часовой, к 8-часовой. Этот момент также связан с вопросами от специалистов, осуществляющих лабораторный контроль, ввиду неопределенности формулировок положений этого раздела МУК 4.1.2468-09;

- часть положений из п. 10.1 МУК 4.1.2468-09 выделены в отдельную главу 12 «Оформление результатов измерений».

Раздел «Контроль качества результатов измерений при реализации методики в лаборатории» актуализирован в соответствии с современными требованиями в области стандартизации²¹ и менеджмента качества лаборатории. В частности, в соответствии с документами по стандартизации и системы менеджмента качества лаборатории проводят контроль погрешности и воспроизводимости измерений, периодичность которого определяется руководством по качеству. В таблице 13.1 МУК 4.1.4155-25 приведены показатели и пределы повторяемости и воспроизводимости (при $P=0,95$) измерений при выполнении методики, о которых написано выше.

В приложении 1 МУК 4.1.4155-25 (соответствует приложению А МУК 4.1.2468-09) внесены уточняющие корректировки в формулу приведения объема воздуха к стандартным условиям (при температуре воздуха 20 °С и атмосферном давлении 101,3 кПа (760 мм.рт.ст.)). Для этого в формулу вместо «293» введена сумма «(273+20)», т.е. наглядно показан пересчет температуры 20 °С в шкалу температур по Кельвину для лучшего понимания содержания. Кроме того, в этом приложении описан алгоритм приведения воздуха к стандартным условиям с использованием готового коэффициента пересчета, значения которого приведены в приложении 2 МУК 4.1.4155-25 для удобства пользователя и исключения потерь времени на поиск информации в справочной литературе.

В приложении 3 к МУК 4.1.4155-25 (соответствует приложению Б к МУК 4.1.2468-09), где приводится пример расчета среднесменной и максимальной концентраций

²¹ ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения», введенный в действие постановлением Госстандарта России от 23.04.2002 № 161-ст; ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений», введенный в действие постановлением Госстандарта России от 23.04.2002 № 161-ст; ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений», введенный в действие постановлением Госстандарта России от 23.04.2002 № 161-ст; ГОСТ Р ИСО 5725-4-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений», введенный в действие постановлением Госстандарта России от 23.04.2002 № 161-ст; ГОСТ Р ИСО 5725-5-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений», введенный в действие постановлением Госстандарта России от 23.04.2002 № 161-ст; ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике», введенный в действие постановлением Госстандарта России от 23.04.2002 № 161-ст.

пыли в воздухе рабочей зоны, а также их характеристик (статистические показатели) (расчетный и графоаналитический методы) произведены корректировки выявленных ошибок, изменены значения в задаче, предложенной в качестве примера для использования графоаналитического и расчетного методов, вследствие чего изменились и результаты (включая таблицы и рисунок).

В МУК 4.1.4155-25 введена глава «Характеристика веществ», где представлены основные определения и влияние на здоровье, какие величины ПДК определяются. Это не изменяет сути методики, поскольку данный раздел носит информационный характер. Также актуализированы библиографические ссылки.

Методика, описанная в МУК 4.1.4155-25, прошла метрологическую аттестацию в установленном порядке (номер в реестре аттестованных методик подсистемы «АРШИН» Федеральной государственной информационной системы Росстандарта ФР.1.31.2025.52408) и может применяться для целей государственного контроля и надзора за соблюдением санитарно-гигиенических требований на рабочих местах.

Заключение. Таким образом, новые МУК 4.1.4155-25 по гравиметрическому определению концентраций АПФД, в том числе асбестсодержащих и других природных и искусственных волокнистых пылей, в воздухе рабочей зоны являются не только актуализированной редакцией МУК 4.1.2468-09. Они позволяют (с формальной точки зрения, ранее это было отражено ещё в МУ №1719-77, а также, в последующих версиях методических указаний по рассматриваемому вопросу) организовать проведение измерений пылей с ПДК менее 1 мг/м^3 в воздухе рабочей зоны в соответствии с современными требованиями санитарного законодательства и обеспечения требований к методикам измерений, расширяя нижнюю границу диапазона до $0,05 \text{ мг/м}^3$. А также МУК 4.1.4155-25 содержат ряд изменений, которые позволили исправить неточности в терминологии, характеристиках оборудования и реактивов, откорректировать метрологические требования к методике выполнения измерений, контролю качества выполнения измерений, прояснить вопросы, касающиеся расчетов среднесменных концентраций для рабочих мест с продолжительностью смены отличной от 8-ми часовой. Положительным моментом является содержание дополнительной информации относительно приведения объема воздуха к стандартным условиям для расчета концентраций. Несмотря на нововведения, на наш взгляд, методика МУК 4.1.4155-25 в целом эквивалентна описанной в МУК 4.1.2468-09. Учитывая оснащенность современных аналитических лабораторий, ее внедрение не требует дополнительного оснащения лаборатории испытательным оборудованием и

средствами измерений, а также повышения квалификации работников, и не потребует расширения области аккредитации.

Вклад авторов.

Концепция и дизайн исследования – Федорук А.А., Другова О.Г., Ковалевский Е.В., Цхомария И.М.

Сбор и обработка материала – Федорук А.А., Другова О.Г., Ковалевский Е.В., Цхомария И.М.

Анализ данных – Федорук А.А., Другова О.Г., Ковалевский Е.В.

Написание текста и оформление статьи – Федорук А.А., Другова О.Г., Ковалевский Е.В.

Редактирование – Ковалевский Е.В., Федорук А.А.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contributions:

Study conception and design – Fedoruk A.A., Drugova O.G., Kovalevskiy E.V., Tskhomariya I.M.

Data collection and processing – Fedoruk A.A., Drugova O.G., Kovalevskiy E.V., Tskhomariya I.M.

Data analysis – Fedoruk A.A., Drugova O.G., Kovalevskiy E.V.

Draft manuscript preparation – Fedoruk A.A., Drugova O.G., Kovalevskiy E.V.

Editing – Kovalevskiy E.V., Fedoruk A.A.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version.

Список литературы:

1. Профессиональные заболевания органов дыхания: национальное руководство / Под ред. Н. Ф. Измерова, А. Г. Чучалина. – Москва: ГЭОТАРМедиа, 2015. – 792 с. (Серия «Национальные руководства»). – ISBN 9785-9704-3574-8. – Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970435748.html>

2. Ковалевский Е.В., Кашанский С.В., Цхомария И.М. Вопросы методологии нормирования и контроля аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны. / В книге: Взаимодействие науки и практики. Опыт и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня образования государственной санитарно-эпидемиологической службы России. Екатеринбург, 2022. С. 70-71.
3. Еловская Л.Т. Направления и перспективы совершенствования гигиенического нормирования промышленных пылей и пылевого контроля. / Борьба с пылью на производстве – основа профилактики профессиональных заболеваний органов дыхания. Сборник научных трудов под редакцией Л.Т. Еловской. Научно-исследовательский институт гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР. Москва. 1986. С. 17-46
4. Oberbek P., Kaczorowska B. Determining size fractions of an aerosol in view of new definitions in Polish regulation. *Int J Saf Secur Eng.* 2018;8(2):354-366. doi: 10.2495/SAFE-V8-N2-354-366
5. Belle B. Evaluation of gravimetric sampler bias, effect on measured concentration, and proposal for the use of harmonised performance-based dust sampler for exposure assessment. *Int J Min Sci Technol.* 2019;29(3):445-452. doi: 10.1016/j.ijmst.2018.07.009
6. Brown J.S., Gordon T., Price O., Asgharian B. Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment. *Part Fibre Toxicol.* 2013;10:12. doi: 10.1186/1743-8977-10-12
7. Yang S., Harper M., Cauda E., Lee T. Recommended flow rate of the aluminum cyclone for improved exposure assessment. *Ann Work Expo Health.* 2025 Nov 11:wxaf075. doi: 10.1093/annweh/wxaf075
8. Ткачев В.В., Голиков В.Ф., Бацура Ю.Д. Исследование агрегатного состояния частиц рудничной пыли. / Измерение и нормирование аэрозолей фиброгенного действия., под. ред. А.А. Каспарова, Л.Т. Еловской, В.В. Ткачева, Москва, изд. отдел управ. делами Секретариата СЭВ, 1982, 46-56
9. Sarver E., Sweeney D., Taborda L.J., Keles C. Exploring agglomeration of respirable silica and other particles in coal mine dust. *Sci Rep.* 2025;15(1):17497. doi: 10.1038/s41598-025-01786-6

10. Hill W.C., Korchevskiy A. The size distribution of nanoparticles emitted from advanced manufacturing devices impacts predicted carcinogenic potential. *Front Public Health*. 2025;13:1582690. doi: 10.3389/fpubh.2025.1582690
11. Ткачев В.В. Двухступенчатое гравиметрическое исследование рудничной пыли. / Гигиена труда и профессиональные заболевания., 1979, №5, 32-36
12. Методическое обеспечение мер по контролю и мониторингу воздействия промышленных волокон на здоровье человека / Цхомария И.М., Ковалевский Е.В., Федорук А.А., Другова О.Г. // Медицина труда и промышленная экология. – 2024. – Т. 64. – № 11. – С.730-739. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-11-730-739>

References:

1. Izmerov N.F., Chuchalin A.G., eds. Occupational Respiratory Diseases: National Guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. 792 p. (In Russ.) Accessed December 3, 2025. <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970435748.html>
2. Kovalevskiy E.V., Kashansky S.V., Tskhomariya I.M. Methodology for standardization and control of aerosols with predominantly fibrogenic action in the workplace air. In: *Interaction between Science and Practice: Experience and Prospects: Proceedings of the Russian Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the Centenary of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia*. Yekaterinburg; 2022. Pp. 70-71. (In Russ.)
3. Elovskaya L.T. Directions and prospects for improving hygienic standardization of industrial dusts and dust control. In: Elovskaya L.T., ed. *Dust Control in Production – the Basis for Preventing Occupational Respiratory Diseases: Collection of Scientific Papers*. Moscow: Research Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the USSR Academy of Medical Sciences; 1986. Pp. 17-46. (In Russ.)
4. Oberbek P., Kaczorowska B. Determining size fractions of an aerosol in view of new definitions in Polish regulation. *Int J Saf Secur Eng*. 2018;8(2):354-366. doi: 10.2495/SAFE-V8-N2-354-366
5. Belle B. Evaluation of gravimetric sampler bias, effect on measured concentration, and proposal for the use of harmonised performance-based dust sampler for exposure assessment. *Int J Min Sci Technol*. 2019;29(3):445-452. doi: 10.1016/j.ijmst.2018.07.009

6. Brown J.S., Gordon T., Price O., Asgharian B. Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment. *Part Fibre Toxicol.* 2013;10:12. doi: 10.1186/1743-8977-10-12
7. Yang S., Harper M., Cauda E., Lee T. Recommended flow rate of the aluminum cyclone for improved exposure assessment. *Ann Work Expo Health.* 2025 Nov 11:wxaf075. doi: 10.1093/annweh/wxaf075
8. Tkachev V.V., Golikov V.F., Batsura Yu.D. Study of the aggregate state of mine dust particles. In: Kasparov A.A., Elovskaya L.T., Tkachev V.V., eds. *Measurement and Standardization of Fibrogenic Aerosols.* Moscow: Publishing Department of the CMEA Secretariat; 1982. Pp. 46-56. (In Russ.)
9. Sarver E., Sweeney D., Taborda L.J., Keles C. Exploring agglomeration of respirable silica and other particles in coal mine dust. *Sci Rep.* 2025;15(1):17497. doi: 10.1038/s41598-025-01786-6
10. Hill W.C., Korchevskiy A. The size distribution of nanoparticles emitted from advanced manufacturing devices impacts predicted carcinogenic potential. *Front Public Health.* 2025;13:1582690. doi: 10.3389/fpubh.2025.1582690
11. Tkachev V.V. Two-stage gravimetric study of mine dust. *Gigiena Truda i Professional'nye Zabolevaniya.* 1979;(5):32-36. (In Russ.)
12. Tskhomariia I.M., Kovalevsky E.V., Fedoruk A.A., Drugova O.G. Methodological support for measures to control and monitor the effects of industrial fibers on human health. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology.* 2024;64(11):730-739. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2024-64-11-730-739

Информация об авторах.

Федорук Анна Алексеевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделом медицины труда, ученый секретарь ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, к.м.н., annaf@ymrc.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827>;

Другова Ольга Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, drugovao@ymrc.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5491-3209>;

Ковалевский Евгений Вильевич – доктор медицинских наук, профессор РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ «НИИ МТ», kovevgeny2008@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5166-6871>;

Цхомария Ираклий Мамукович – кандидат медицинских наук, научный сотрудник ФГБНУ «НИИ МТ», iraklytchomariya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9615-3284>.

Author information

Anna A. Fedoruk – Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher at the Department of Occupational Medicine, Scientific Secretary of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; annaf@ymrc.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827>

Olga G. Drugova – Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher at the Department of Occupational Medicine of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; drugovao@ymrc.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5491-3209>

Evgeny V. Kovalevskiy – Dr. Sci. (Med.), Professor of the RAS, Chief Researcher at Izmerov Research Institute of Occupational Health; kovevgeny2008@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5166-6871>

Irakly M. Tskhomariya – Cand. Sci. (Med.), Researcher at Izmerov Research Institute of Occupational Health; iraklytchomariya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9615-3284>.

Поступила/Received: 28.11.2025

Принята в печать/Accepted: 04.12.2025